

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. Г. Кнорринг

ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

ИНФОРМАЦИОННАЯ СФЕРА
ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАЧАЛА XVI ВЕКА

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. Г. Кнорринг

ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

ИНФОРМАЦИОННАЯ СФЕРА
ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАЧАЛА XVI ВЕКА

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки магистров
в области техники и технологий*



Санкт-Петербург
2013

УДК 001:940(075.8)
ББК 72.3:63.3(0)я73
К53

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор СПбНИУ ИТМО, председатель
УМК по специальности “Приборостроение” УМО вузов РФ
по образованию в области приборостроения и оптотехники *М. Я. Марусина*
Доктор исторических наук, профессор СПбГПУ *С. Б. Ульянова*

Кнорринг В. Г. История и методология науки и техники. Информационная сфера человеческой деятельности с древнейших времен до начала XVI века : учеб. пособие / В. Г. Кнорринг. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. — 352 с.

Соответствует ФГОС ВПО по образовательному направлению 200100 “Приборостроение” (квалификация выпускника — магистр) в части формирования общенаучных и профессиональных компетенций, связанных со способностью выпускника повышать интеллектуальный и общекультурный уровень, осознавать основные проблемы своей предметной области и быть готовым к изменению профиля своей деятельности.

Параллельно с изложением исторических сведений о развитии информационной сферы человеческой деятельности обсуждены философские и методологические проблемы, остающиеся актуальными в настоящее время.

Предназначено для магистрантов образовательного направления 200100 “Приборостроение”, изучающих дисциплину “История и методология приборостроения”, а также для магистрантов образовательных направлений 010400 “Прикладная математика и информатика”, 010500 “Математическое обеспечение и администрирование информационных систем”, 200400 “Оптотехника”, 220400 “Управление в технических системах”, 230100 “Информатика и вычислительная техника”, 230400 “Информационные системы и технологии” и других, изучающих в соответствии с ФГОС ВПО дисциплины со сходными названиями; может представлять интерес для специалистов, желающих расширить свой научный кругозор.

Табл. 1. Ил. 37.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Кнорринг В. Г., 2013

© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2013

ISBN 978-5-7422-3748-8

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс истории и методологии информационной сферы человеческой деятельности, материал начальной части которого представлен в настоящем учебном пособии, сложился в течение ряда лет преподавания магистрантам кафедры измерительных информационных технологий (ИИТ) СПбГПУ.

В ходе преподавания были разработаны и опробованы различные варианты курса истории и методологии науки.

Кафедра ИИТ с самого начала своей деятельности (формироваться она начала в 1929 г., а официально приступила к работе в 1932 г.) занималась электрическими измерениями. Поэтому казалось естественным читать магистрантам именно курс истории *электрических измерений*. Такой курс, видимо, должен был бы начинаться с “электрического указателя” Рихмана, с XVIII века.

Однако особенность кафедры ИИТ состояла в том, что в области теории ее интересы распространялись на *измерения как таковые*. Например, монография Петра Васильевича Новицкого (1968 г.) называлась “Основы информационной теории измерительных устройств”.

Переход от электрических измерений к измерениям как таковым резко расширил как исторический диапазон курса (стало возможным начинать с возникновения измерений в доисторическую эпоху), так и его философско-методологическое звучание — как известно, с измерениями связаны многие философские проблемы теории познания.

В такой постановке материал курса был по возможности апробирован в среде историков (Сергей Николаевич Полтораки опубликовал четыре статьи по истории измерений в своем журнале “Клио”) и в среде специалистов по измерительной технике (Наталья Николаевна Кузнецова приняла к печати серию статей по

истории измерений в журнале “Датчики и системы”). Несколько высококвалифицированных сотрудников кафедры ИИТ (Эдуард Алексеевич Кудряшов, Марина Георгиевна Марамзина и др.) согласились прослушать и обсудить ряд пробных лекций по истории и философии измерений.

После такой подготовки было начато чтение курса истории и философии измерений магистрантам. В ходе преподавания не сразу стало ясно, что курс нуждается в дальнейшем расширении: с одной стороны, история измерений оказалась неотделимой от истории ряда смежных областей деятельности, с другой стороны, темы магистерских диссертаций многих слушателей выходили за рамки традиционных измерений.

Введение сведений по различным аспектам информационной сферы в лекционный курс встретило доброжелательную реакцию слушателей. Автор особенно благодарен магистрантам Константину Сергеевичу Солнушкину, Вячеславу Станиславовичу Арсеновичу, Константину Константиновичу Семенову и Евгению Наумовичу Левину.

Накопившаяся таким образом подборка исторических сведений оказалась достаточной для постановки курса, охватывающего историю и методологию всех сторон человеческой деятельности, связанной с информацией. Составленная автором программа такого курса предполагает охват лекциями промежутка времени от доисторической эпохи до “кибернетической революции” 1940–1960-х годов, с тем чтобы процессы, происходившие в последующие десятилетия, выявить и обсудить на семинарских занятиях.

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с этой программой. Содержащийся в нем обширный фактический материал должен позволить лектору строить изложение более обобщенно, не углубляясь в детали и оставляя подробности на самостоятельную работу студентов. Предполагается продолжить работу над учебными пособиями по курсу, начав следующую публикацию с раздела, посвященного подготовке и осуществлению научной революции XVII века.

Попытка охватить единым учебным курсом всю гигантскую информационную сферу человеческой деятельности предприни-

мается, по-видимому, впервые. Конечно, в предлагаемом пособии не может не быть недостатков, а возможно, и серьезных упущений. В связи с этим особую ценность имеют отзывы рецензентов — Марии Яковлевны Марусиной как представителя образовательного направления “Приборостроение” и Светланы Борисовны Ульяновой как представителя исторической науки. Автор благодарен также всем сотрудникам Политехнического университета, способствовавшим изданию настоящего учебного пособия.

ВВЕДЕНИЕ

Сравнительно недавно, всего несколько десятков лет назад, в науку, да и в обыденную жизнь, вошло понятие *информации* как некоторой сущности, которую можно получать, обрабатывать, хранить и т. п. При этом выяснилось, что очень большое и все возрастающее число людей занимается именно выполнением различных действий с информацией. Можно сказать, что наряду с материальным производством и энергетикой обнаружилась еще одна крупная сфера человеческой деятельности — *информационная сфера*.

Эта работа посвящена истории информационной сферы, причем по ходу изложения будут затрагиваться возникавшие в разное время методологические и даже философские вопросы.

Ведь информация фактически приобрела статус философской категории. Когда-то философы-материалисты утверждали, что “в мире нет ничего, кроме материи”, а затем уточнили это положение: “в мире нет ничего, кроме движущейся материи”, тем самым прибавив к *веществу* как объективной реальности еще и *энергию* (это слово, строго говоря, обозначает физическую величину, но чаще употребляется в значении своеобразной субстанции). Теперь можно добавить новое уточнение: “В мире нет ничего, кроме движущейся материи, части которой взаимодействуют друг с другом”. Действительно, подобно тому как движение материи характеризуется энергией, взаимодействие ее частей характеризуется *информацией*.

Можно сказать и так: “В мире нет ничего, кроме *закономерно* движущейся материи”, поскольку закономерность тоже связана

с информацией. Подчеркнем, что взаимодействие, как и движение, не существует отдельно от материи.

Таким образом, мы имеем цепочку основополагающих категорий: материя—движение—взаимодействие (материя движется, а движение обуславливается взаимодействием). Имеем также соответствующую цепочку понятий более низкого уровня, с которыми человек уже непосредственно имеет дело: вещество—энергия—информация.

Этим трем понятиям можно сопоставить три большие области, или сферы, человеческой деятельности.

С добычей, переработкой, транспортировкой и использованием *вещества* имели дело еще первобытные охотники и собиратели съедобных корней и других припасов. В настоящее время в “вещественную” сферу деятельности человечества можно включить все отрасли тяжелой и легкой промышленности, химические производства, горное дело, сельское хозяйство и рыболовство. Это — очень обширная область, не имеющая собирательного названия. Иногда называют ее технологической, но это название (по разным причинам) неточно.

Энергетика — более молодая область. Древний человек умел добывать огонь и использовать силу животных, но и то, и другое вряд ли можно назвать энергетикой. Примитивная энергетика, еще не выделившаяся в самостоятельную сферу человеческой деятельности, появилась, когда люди научились направлять на свои цели энергию падающей воды и ветра. В конце XVIII века в русле энергетике, еще не получившей этого названия, был создан универсальный паровой двигатель, так что следующий, XIX век был прозван веком пара. В 40-х годах этого следующего века было разработано и общее понятие *энергии* (сначала под неточным названием силы). Но только после того, как в конце этого же XIX века были заложены основы современной электроэнергетики с ее уникальными возможностями передачи энергии на расстояние, появилось понятие энергетике как особой области деятельности.

Примерно по тем же законам развивалась третья, *информационная* сфера. Сам по себе информационный обмен между людьми по меньшей мере столь же древен, как и само человечество. Довольно рано появились специальные средства коммуникации —

с помощью барабанного боя, дымовых сигналов и т. д., а затем и способы хранения информации — различные формы письменности. Библиотеки, создававшиеся еще в античном мире; книгопечатание, изобретенное на излете средневековья; почта, а позже электрический телеграф, телефон, звукозапись, даже радио — всё это долго не осознавалось как единая сфера деятельности (электрики говорили только о “технике слабых токов”, противопоставляя ее энергетической “технике сильных токов”).

Только в 20–40-х годах XX века в теории связи стали пользоваться понятием *информации*, зато во второй половине этого века одна за другой появились три концепции *информатики* — правда, не как области деятельности, а как своеобразной науки.

На этих трех концепциях необходимо остановиться особо.

Первым “изобретателем информатики” был московский ученый и инженер Федор Евгеньевич Темников — специалист по автоматике и измерительной технике, один из двух авторов первой советской книги по электрическим измерениям неэлектрических величин, изданной в 1949 году.

В 1963 году он опубликовал небольшую статью [1] по материалам своего доклада на Пятой Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений в Новосибирске. В том же 1963 году Ф. Е. Темников выступил на третьей конференции “Кибернетические пути совершенствования измерительной аппаратуры” в Ленинграде, где в докладе *О круге вопросов теории информации* изложил ту же концепцию.

Короткая (всего одна страница!) статья Темникова начиналась словами:

“Давно ощущалась потребность в интегральной научной дисциплине, связывающей воедино многочисленные вопросы сбора, передачи, обращения, переработки и использования информации. Здесь сделана попытка создания программы такой дисциплины, могущей послужить важным теоретическим стержнем автоматике, телемеханики, измерительной и вычислительной техники, связи и радиолокации, бионики и кибернетики”.

Информатика, по Темникову, должна была состоять из трех крупных разделов: теории информационных элементов, теории информационных процессов и теории информационных систем.

Каждый раздел в его программе делился на подразделы, которые, в свою очередь, состояли из более мелких подразделений. Например, раздел “Теория информационных элементов” начинался подразделом “Виды информации”, включавшим в себя: события, величины, функции, числа, формулы, пространства (метрические и топологические), структуры, образы, понятия.

Конечно, некоторые из перечисленных Темниковым подразделений информатики кажутся сейчас тривиальными, а их содержание — чисто описательным. Более того, некоторых вопросов, представляющихся сейчас важными, просто не было в его программе, но вместе с тем в ней присутствовали и подразделения, содержание которых до сих пор не разработано надлежащим образом.

Грандиозная концепция Темникова не была оценена и тем более не была подхвачена его слушателями и читателями. Большое внимание научной общественности привлекли публикации А. И. Михайлова, А. И. Чёрного и Р. С. Гиляревского, в которых под информатикой имелась в виду наука о распространении научно-технической информации.

Эта вторая концепция информатики была, можно сказать, полной противоположностью предложению Темникова, причем противоположностью в двух аспектах. Во-первых, Федор Евгеньевич попытался охватить предмет информатики максимально широко, а А. И. Михайлов и его соавторы ограничились довольно узкой областью. Во-вторых, Темников в первых своих выступлениях отметил только техническую сторону информатики (опираясь на обращение информации в контуре управления), а три упомянутых автора занимались как раз информацией, получаемой от “нетехнических” источников.

Сразу заметим, что в информационную сферу деятельности, по нашему мнению, следует включать не только занятия, связанные со специальной информационной техникой, но и совокупность большого числа традиционных занятий, от журналистики до научных исследований, — ведь целью даже чисто теоретических научных работ является получение и фиксация новой информации.

Надлежащим образом развитое предложение Ф. Е. Темникова в принципе могло охватить довольно большую часть информаци-

онной сферы, включая и ту, к которой относилось предложение А. И. Михайлова с соавторами.

Как говорится, нет пророка в своем отечестве. При наличии двух концепций информатики, разработанных русскими учеными, в обиход вошла третья концепция, появившаяся позже и пришедшая из-за рубежа. По утверждению немецких авторов Ф. Бауэра и Г. Гооза [2] слово *информатика* на немецком языке было впервые официально употреблено в 1968 году, а во Франции появилось несколько раньше.

Те же авторы писали, что “информатика началась тогда, когда впервые попытались механизировать так называемую умственную деятельность”, а эти первые попытки приписывали в основном Готфриду Вильгельму Лейбницу (1646–1716).

Действительно, третья концепция информатики, которая стала общепринятой, опирается именно на средства “механизации так называемой умственной деятельности”, а этими средствами сейчас являются компьютеры. При своем возникновении она отталкивалась от “бумажных” технологий работы с информацией — недаром В. М. Глушков назвал свою книгу, вышедшую в 1982 году, так: “Основы безбумажной информатики”!

Нужно сказать, что Темников в более поздних работах, не упорствуя в утверждении своего приоритета и своей трактовки информатики, широко обрисовал ее содержание. Так, в предисловии к учебному пособию по *информационной технике* “для студентов информационных, кибернетических и системотехнических специальностей” [3] находим следующий перечень исторически сложившихся направлений науки об информации:

- общая наука об информационных категориях, процессах и системах (ИНФОРМАТИКА-1), т. е. раннее предложение самого Темникова;

- теория информации и связи (здесь дана ссылка на К. Э. Шеннона);

- философские проблемы информации (ссылка на труды А. Д. Урсула);

- научно-техническая информация и документация (ИНФОРМАТИКА-2) — по А. И. Михайлову и соавторам;

- теория измерений и измерительно-информационная техника;

вычислительная техника и программирование (ИНФОРМАТИКА-3) — как она выглядит по Ф. Бауэру и Г. Гоозу;
теория массовой информации и пропаганды в обществе;
информационная теория управления;
наука об искусственном интеллекте.

Далее, во введении к этому же учебному пособию перечислены 9 научно-технических и 16 других областей применения теории информации (включая, например, криминалистику). Этот перечень, очевидно, неполон, и его нет смысла здесь приводить. Протицируем только энергично написанный первый абзац этого введения:

“Деятельность людей связана с переработкой и использованием материалов, энергии и информации. Соответственно развивались научные технические дисциплины, отражающие вопросы технологии, энергетики и информатики. Информационная техника является сравнительно новой отраслью, получающей наибольшее развитие на этапе разработки и применения электронных вычислительных машин и автоматизированных систем управления”.

Триаду *вещество—энергия—информация* можно встретить и у других авторов (например, книги [4, с. 145]). В какой-то степени она сейчас общепринята.

Заметим, однако, что энергетика и информатика, сопоставленные в цитированном выше тексте как одноуровневые понятия, по нашему мнению, должны находиться на разных уровнях. *Энергетике* как области деятельности соответствует *информационная техника*, а информатика (как уже говорилось) обычно понимается как наука, хотя и не окончательно сформировавшаяся.

Более того, ставшее традиционным содержание информатики покрывает только часть информационной техники. Например, в информатику не принято включать теорию измерений и других процедур *получения* информации, которые естественным образом относятся к информационной технике.

В качестве доказательства приведем (в виде рис. В.1) часть таблицы дисциплин из государственного образовательного стандарта второго поколения по направлению “Приборостроение” — часть, относящуюся к содержанию и объему (в академических

часах) “естественнонаучной федеральной дисциплины” под названием “Информатика”. Конечно, информатика (при том ее содержании, которое указано в стандарте) — это не *естественнонаучная*, а явно *техническая* дисциплина. Кроме того, бросается в глаза отсутствие в ней четкой структуры, особенно заметное при сравнении текста из стандарта с хорошо проработанной структурой информатики Ф. Е. Темникова.

ЕН.Ф.02	Информатика понятие информации, общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации; технические и программные средства реализации информационных процессов; модели решения функциональных и вычислительных задач; алгоритмизация и программирование; языки программирования высокого уровня; базы данных; программное обеспечение и технологии программирования; локальные и глобальные сети ЭВМ; основы защиты информации и сведений, составляющих государственную тайну; критерии оценки степени защищенности информации; защита файлового ресурса; методы защиты информации; компьютерный практикум	200
---------	---	-----

Рис. В.1. Содержание информатики по образовательному стандарту второго поколения

Итак, информационная техника существенно выходит за рамки информатики в нынешнем ее понимании.

Информационная сфера человеческой деятельности — понятие еще более широкое, включающее в себя информационную *технику* только как одну из частей. Описанное соотношение иллюстрируется диаграммой, на которой заливка указывает на то, что информатика — не часть информационной техники, а научная область, соответствующая определенной ее части (рис. В.2).

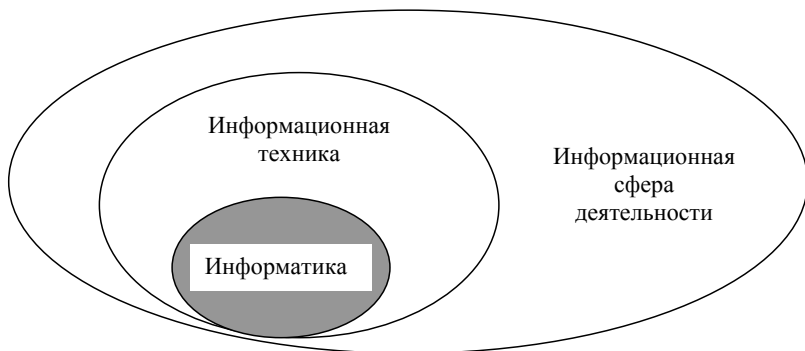


Рис. В.2. Информатика – научная область, соответствующая незначительной части информационной сферы деятельности

Возвращаясь к аналогии между действиями с веществом, энергией и информацией, можно составить упрощенную матричную классификацию видов человеческой деятельности (таблица).

Тип деятельности	Виды ресурсов		
	вещественные	энергетические	информационные
Добыча	ДВ	ДЭ	ДИ
Переработка	ПВ	ПЭ	ПИ
Транспортировка	ТВ	ТЭ	ТИ
Хранение	ХВ	ХЭ	ХИ
Расходование	РВ	РЭ	РИ

Здесь первая буква каждого сокращенного обозначения соответствует типу деятельности, а вторая – виду ресурса (например, ДВ обозначает добычу вещества, РИ – расходование информации для управления и т. п.). Названия типов деятельности подобраны так, чтобы первые буквы не повторялись и не совпадали с буквами ресурсов: *добыча*, а не *получение*; *транспортировка*, а не *передача*; *расходование*, а не *использование*.

К таблице необходимо сделать две оговорки. Во-первых, перечисленные в ней виды деятельности не являются обособленными, а почти всегда взаимно переплетаются. Так, практически

любой современный технологический процесс имеет *энергетическую и информационную составляющие*. Напротив, добыча информации (как и все другие действия с ней), как правило, требует применения вещественных средств. Исключениями являются разве что наблюдение природы невооруженным глазом или определение дефекта в машине на слух.

Во-вторых, аналогия между тремя сферами деятельности поверхностна и неполна. Так, при “хранении энергии” (например, в аккумуляторах) решаются совсем другие проблемы, чем при хранении информации. Читателю рекомендуется самостоятельно обдумать это различие и другие подобные различия.

Наверное, наиболее важное для нас различие между энергетикой и информационной сферой деятельности состоит в том, что энергетика занимается исключительно техническими средствами, которые и изучаются только техническими науками, а в информационную сферу деятельности, как уже было сказано, предлагается включить, наряду с информационной техникой, большую область, являющуюся предметом гуманитарных наук.

Эта работа посвящена истории и методологии всех типов деятельности в информационной сфере, которые перечислены в таблице: добыче информации (в частности, путем измерения), ее переработке, транспортировке (т. е. связи), хранению и в меньшей степени “расходованию”, т. е. управлению.

При таком гигантском объеме сферы деятельности, которую предстоит рассмотреть в этой работе, неизбежна фрагментарность изложения и некоторая субъективность в выборе фактов и идей, представляющихся существенными. Многие вопросы будут только затронуты, а подробное изложение в ряде случаев заменено ссылками на литературные источники (в свою очередь, являющиеся только отдельными примерами). Кроме того, нас будут интересовать только те события, которые так или иначе повлияли на развитие информационной сферы *в нашей стране*. Поэтому будем полностью игнорировать сведения о развитии научных знаний в Китае, Индии, на Американском континенте до прихода европейцев. Читателям, интересующимся этими вопросами, придется искать нужный материал самостоятельно.

Библиографические ссылки

1. Темников Ф. Е. Информатика // Известия вузов. Электромеханика. 1963. № 11. С. 1277.
2. Бауэр Ф., Гооз Г. Информатика. Вводный курс. М. : Мир, 1976.
3. Темников Ф. Е., Афонин В. А., Дмитриев В. И. Теоретические основы информационной техники : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Энергия, 1979. 512 с.
4. Козлов Б. И. Возникновение и развитие технических наук: Опыт историко-теоретического исследования. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. 248 с.

1. ЗАРОЖДЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СФЕРЫ

1.1. Этапы развития первобытного человека

Приводимые ниже даты следует рассматривать как ориентировочные, поскольку они значительно различаются в разных источниках. Сопоставлять эти источники здесь представляется излишним, проще держаться одного-двух из них. Так или иначе, в течение большого промежутка времени первобытные люди и их обезьяноподобные предки пользовались орудиями, изготавливаемыми из камня. Этот период называют каменным веком. Он делится на древний каменный век, чаще называемый *палеолитом*, и новый — *неолит*. Между ними вставляют еще средний — *мезолит*.

За неолитом следует эра металлов — сначала бронзовый век, а затем железный, который, как принято считать, продолжается и сейчас.

Б. В. Якушин, который для нас интересен как автор книги [1] о происхождении языка, полагал, что человек в своем развитии прошел три стадии.

На первой стадии, проходившей 2,5–2,0 миллиона лет назад, а по современным данным даже до 4 миллионов лет назад, предком человека был австралопитек (в переводе — “южная обезьяна”). Его мозг был лишь немногим больше мозга шимпанзе, но он уже ходил на двух ногах, был способен использовать природные орудия и даже подправлял кости и рога, которыми тоже пользовался как орудиями [2].

Вторая стадия охватывает несколько названий, которые археологи давали ископаемым находкам. Так называемый презинджантроп, или *homo habilis* (“человек умелый”), живший 2,0–1,3 миллиона лет назад, использовал искусственно обработанные орудия труда и, по-видимому, обладал зачатками устной речи. Ряд ученых считает название *homo habilis* неправильным, потому что это существо еще нельзя отнести к роду *homo* — оно ближе к австралопитекам. Но так его назвал первооткрыватель Луис Лики.

К той же стадии развития Б. В. Якушин относил питекантропа (“обезьяночеловека”, жившего 1,3–0,8 млн. лет назад), синантропа (“китайского человека”, 0,8–0,3 млн. лет назад) и далее “гейдельбергского человека” и неандертальца — от примерно 300 тысяч до 40 тысяч лет назад. Есть ученые, относящие неандертальцев к особой стадии *палеоантропов* — ведь они уже включаются в род *homo*.

К концу этого этапа приурочивают появление сформировавшейся членораздельной речи.

Третью стадию, по Якушину, образует кроманьонец, или, в более общем плане, *неоантроп* (новый человек). По времени это — верхний или поздний палеолит, 40 тысяч лет назад. На этой стадии сообщество первобытных людей превращается в первобытно-общинный родовой строй.

По некоторым оценкам население Земли между 40 и 35 тысячами лет до нашей эры достигло 5 миллионов, причем были уже заселены все континенты, включая Америку и Австралию.

Исследователь первобытной культуры Б. А. Фролов [3] отмечает, что уже в мустьерский период (это конец раннего палеолита, около 100–40 тыс. лет назад) у неандертальцев зарождались представления о небосводе, четырех сторонах света, Солнце как небесном огне. Этим он объясняет использование ими желтой и красной красок, выдалбливание ямок и четырехконечных крестов на камне или кости. Он же указывает, что в верхнем (позднем) палеолите, около 40–10 тысяч лет назад, судя по изделиям из камня и рога, развивалась солнечная и лунная символика. Это обнаружено на огромной территории от Бискайского залива до Байкала [3].

Согласно Фролову, рисунки и орнаменты показывают, что около 20 тысяч лет назад уже существовали приемы счета времени по Луне и Солнцу.

Далее Б. А. Фролов замечает: “В эпохи мезолита (около 8—5 тыс. лет до н. э.), неолита (с 5 тыс. лет до н. э.) и особенно с началом (в 3 тыс. лет до н. э.) эры металлов растет неравномерность культурного и общественного развития у населения разных районов земного шара”. Видимо, из-за этой неравномерности датировка последних периодов у разных авторов особенно сильно различается; в частности, начало неолита нередко отодвигают вглубь на несколько тысяч лет. К более раннему времени многие относят и начало бронзового века.

Переход от палеолита к неолиту заключался не только в улучшении качества каменных орудий и росте их разнообразия. В это время началась, сначала в некоторых районах с подходящими климатическими условиями, так называемая *неолитическая революция* — переход от присваивающего хозяйства (охота, рыболовство, собирание дикорастущих растений) к производящему (скотоводство и земледелие). Этот переход изменил весь жизненный уклад первобытных людей.

Возможно, верна концепция *полицентризма* (множественности очагов скотоводства и земледелия), но для нас важен ближневосточный очаг неолитической революции, начавшейся около X тысячелетия до нашей эры.

1.2. Возникновение речи и языка

Членораздельную речь, а вслед за ней язык как знаковую систему, проявляющуюся в речи, вероятно, следует считать первым элементом информационной сферы, появившимся одновременно с формированием самого человека.

Звуковые средства обмена информацией используются и животными (вспомним хотя бы пение птиц или разнообразные звуки, издаваемые кошками). Человеческая речь отличается от них во многих отношениях. Она не является врожденной. Она несопоставимо богаче в количественном отношении и еще способна к практически неограниченному развитию. И возможно, наиболее важное отличие состоит в том, что она (вернее, язык, который реализуется в речи) выполняет не только *коммуникационную* функцию, но и функцию *моделирования* — язык представляет внешний мир и самого человека в его сознании в виде системы понятий.

Относительно *происхождения языка* был выдвинут целый ряд гипотез [1], наиболее ранние из которых (в виде мифов) уходят в глубокую древность. Люди полагали, что “имена вещам” дали боги или какой-либо герой, что эти имена вначале были звуко-подражаниями (жук жужжит, мышь шуршит и т. д.), — в книге Б. В. Якушина можно найти и ряд других, более сложных гипотез. Заметим, что, говоря об “именах вещей”, творцы ранних гипотез тем самым полагали, что первыми словами были существительные, а это, по-видимому, совсем не так.

Не пытаясь пересказать содержательную книгу [1], приведем только названия ее последней главы — “Язык — продукт общественного развития” и заключительного параграфа этой главы — “От озвученной пантомимы к членораздельной речи”. Оба названия говорят сами за себя.

Действительно, для организации согласованных действий при коллективной охоте или при совместном труде вначале было достаточно *показывать* нужные действия. Этот показ, вероятно, сопровождался возгласами, которые постепенно превратились в команды и другие сообщения, сперва не расчлененные (один возглас мог по “содержанию” соответствовать целому нынешнему предложению), но постепенно детализирующиеся. Далее оказалось, что звуковые средства передачи информации во многих отношениях удобнее зрительных, и последние отошли на второй план.

Однако и в настоящее время в реальном речевом общении так называемые *паралингвистические* [4] элементы — жесты, выражение лица — играют очень существенную, обычно недооцениваемую роль. Вообще (даже без учета паралингвистических элементов) отличительные черты языка, используемого при *реальном речевом общении*, в сравнении с нормативным литературным языком стали предметом специального изучения только в относительно недавнее время — в середине 60-х годов XX века [5].

В тех же случаях, когда участники речевого контакта не видят друг друга, и сейчас зачастую используются возгласы, имеющие комплексный смысл. Например, “Ау!” означает “Я здесь, где вы?”, а “Эй!” можно перевести как “Обрати на меня внимание!”.

Гипотеза происхождения речи из озвученной пантомимы допускает наличие не одного, а многих центров возникновения

языка. Вопрос о языковых “семьях”, о постепенном расхождении языков, имеющих общего “предка” (например, индоевропейских), важен и интересен, но здесь нет места для его подробного рассмотрения. Отметим только, что анализ процесса расхождения когда-то близкородственных языков является одним из средств *датирования событий* в далеком прошлом, т. е. в какой-то степени относится к информационной технике.

Как ни странно, и в наше время имеются сторонники теории о внезапном возникновении языка, и именно как системы имен. Ю. С. Степанов в своей книге [6, с. 40] привел следующее мнение известнейшего антрополога Клода Леви-Стросса о возникновении языка: “...язык мог возникнуть только сразу. Вещи не могли начинать значить постепенно”. К вопросу о внезапности или постепенности возникновения элементов информационной сферы придется вернуться при рассмотрении другого элемента этой сферы — измерения.

В настоящее время, наряду с естественными языками, сформировались “языки” различных наук. Они функционируют в рамках естественного языка, но дополняются специальными терминами и условными обозначениями (например, химическими формулами), позволяющими кратко, наглядно и однозначно выражать факты и высказывания, свойственные этим наукам. В разных целях создан ряд искусственных языков. Особую роль в современной технике играют языки программирования.

Интересным примером искусственного языка является *эсперанто*, изобретенный в 1887 году польским врачом Л. Заменгофом. Его словарный состав сконструирован из корней слов ряда европейских языков с помощью простых и унифицированных правил словообразования, грамматика тоже проста и унифицирована. За время своего существования он приобрел некоторые черты естественного языка. У него множество приверженцев, на нем создана обширная литература, его словарный состав продолжает расширяться. Тем не менее надежды на то, что он станет языком международного общения, до сих пор не оправдались.

Естественные языки являются чрезвычайно сложными системами. Наряду со специально посвященной им наукой — лингви-

стикой, или языкознанием, — изучением структур и функционирования языков занимаются философия (особенно некоторые ветви неопозитивизма) и семиотика, т. е. наука о знаковых системах [6].

Методологическое прерывание 1.1.

Уровневая структура языка и структура языкового знака

В статье [7] в качестве одной из общих черт всех информационных процессов была отмечена их “многослойность”, наличие нескольких *уровней*, на которых можно рассматривать процесс. Эта особенность естественна, потому что информация всегда “надстраивается” над энергетической или вещественной составляющей процесса. Так, хорошо известна семиуровневая “эталонная модель взаимодействия открытых систем” (ЭМВОС). Фактически число уровней в ней больше семи, так как некоторые уровни в ходе развития и уточнения модели пришлось разбить на подуровни.

Семь уровней выделено и при анализе процесса проектирования и изготовления сверхбольших интегральных схем [8], причем этот процесс, как и передача информации в соответствии с ЭМВОС, начинается с верхнего уровня (спецификации), при проектировании спускается до нижнего (масочного) уровня, а при изготовлении и тестировании микросхемы постепенно возвращается на верхний уровень.

При анализе и реализации любого информационного процесса специалисту полезно задуматься, сколько уровней можно обнаружить в этом процессе и на каком уровне работает сам специалист.

Уровневый (именно *уровневый*, а не элементно-системный!) принцип рассмотрения обязателен и для информационных *систем*: например, невозможно понять работу микропроцессора, если интересоваться только поведением электронов и дырок в его полупроводниковых структурах или, на более высоком уровне, уравнениями Кирхгофа его электрических цепей (или даже рассматривая логическую структуру на уровне переключательных элементов).

Пример с микропроцессором ясно указывает на бесперспективность так называемого *редукционизма* — методологии изучения сложных систем исключительно через свойства их элементов. Сказанному нисколько не противоречит то, что работа микропроцессора, когда он уже изготовлен, действительно *полностью* определяется поведением электронов и дырок в его полупроводниковых структурах.

Редукционизм был очень распространен в прошлом — в частности, ряд ученых надеялся полностью свести биологические процессы к физическим и химическим. Сходные высказывания можно встретить и сейчас. Вот что пишет, например, крупный специалист по виброизмерительной технике Юлий Иосифович Иориш о мозговой деятельности человека: “К сожалению, ее истинные основы, лежащие на физическом уровне, находятся в глубине, еще недостижимой современному научному познанию” [9, с. 205]. И он еще раз возвращается к этой мысли: “Что же касается высшего — физического уровня проникновения на основе точных наук, то, на сегодня, установление причинной связи между конкретной мыслью и физикой (включая химию) функционирования мозга, это голубая мечта, которая осуществится, быть может, в XXI, а то и в XXII веке” [Там же, с. 211].

С нашей точки зрения, физический уровень рассмотрения является как раз низшим, над которым надстраиваются более высокие — сигнальные, логические, информационные и “знаниевые” — уровни, причем именно физико-химические основы функционирования одиночной нервной клетки в большой степени изучены.

Что касается языкознания, то в нем уже давно принято выделять два уровня, традиционно называемых планами: *план выражения* (как, какими средствами выражено) и *план содержания* (что выражено, о чем сказано). Но в языке можно обнаружить и большее число уровней.

В учебном пособии [10] Л. М. Васильев предложил “исходить из основного членения языка на три яруса: семантический, лексико-грамматический и фонетический”.

Приведем цитату из пособия [10], характеризующую связи между *уровнями-ярусами* (она разбита на мини-абзацы, чтобы был лучше виден параллелизм этих связей).

“Значения (семемы) представляют предметы (денотаты), выявляя их в нашем сознании;

лексемы (словоформы) представляют значения, выявляя их в лексико-грамматической системе языка;

звуки (звукотипы) представляют словоформы, реализуя их материально”.

Отметим в этой цитате наличие “по умолчанию” четвертого, внеязыкового уровня — уровня предметов. По буквальному смыслу текста здесь имеются в виду не внешние предметы, а их отражения в сознании или абстрактные (не соответствующие конкретным вещам) понятия, тоже имеющиеся в сознании. Выход во внешний мир к реальным предметам (референтам) потребовал бы еще одного, пятого уровня.

Интересно сравнить описанную уровневую (или “ярусную”) структуру с так называемым *семантическим треугольником*, которым в семиотике [6], следуя идеям Готтлоба Фреге (1848–1925), представляют структуру знака: считается, что слово, как и всякий знак, *выражает* свой смысл и *обозначает* свой денотат. В вершины семантического треугольника обычно как раз и помещают материальный знак, его смысл и денотат. Основных различий между ярусной структурой языка, по Л. М. Васильеву, и семантическим треугольником, по-видимому, три. Во-первых, каждый ярус представляет собой целый “слой” языка, а не единичный языковый знак. Во-вторых, система ярусов, в отличие от семантического треугольника, не замкнута — крайние ярусы не соприкасаются. В-третьих, ярусов (с учетом внеязыковых) больше, чем вершин треугольника, а, значит, треугольник не полностью отражает структуру даже единичного языкового знака.

Представить здесь все разнообразие подходов к структуре знака невозможно. В качестве примера еще одной трактовки приведем “последовательность звеньев коммуникационной дуги” из книги Г. П. Мельникова [11] (рис. 1.1). Этот автор называет денотатом реальный предмет внешнего мира, а число различных звеньев “дуги” у него доведено до шести.

Примеры анализа сложного понятия знака с позиций гуманитарных наук можно найти у А. Ф. Лосева [12].

Возврат из прерывания 1.1.

				ЧЕЛОВЕК —	— человек
Внешний реально наблюдаемый объект, например бегущий человек	Конкретная мыслительная единица — конкретный образ реально наблюдаемого (или воображаемого) объекта, например бегущего человека	Абстрактная мыслительная единица — обобщенный в результате предшествующего опыта образ класса конкретных мыслительных единиц, например обобщенный образ бегущего человека	Коммуникативная абстрактная мыслительная единица, например обобщенный образ коммуникативных признаков человека	Обобщенный (абстрактный) образ коммуникативно значимых команд воспроизведения и опознавания единиц речевого потока, например звучание “человек”	Конкретные воспроизведенные и опознаваемые единицы речевого потока, имеющие, например, звучание “человек”
Уровень денотатов	Уровень конкретных смыслов	Уровень абстрактных смыслов	Уровень значений (семем)	Уровень языковых знаков (морфем)	Уровень речевых знаков
Физические некоммуникативные единицы	Психические единицы (смыслы)	некоммуникативные	Психические коммуникативные (языковые) единицы (монемы)	коммуникативные (языковые) единицы (монемы)	Физические коммуникативные (речевые) единицы

Рис. 1.1. “Коммуникационная дуга” по Г. П. Мельникову — от реально наблюдаемого объекта до произносимого речевого знака

Методологическое прерывание 1.2.

Нечеткость естественного языка

Многие логики и философы выражали недовольство нечеткостью, расплывчатостью естественного языка. Эта нечеткость доходит до того, что некоторые слова могут использоваться в прямо противоположных значениях. Например, глагол *одолжить* иногда означает *взять в долг*, а иногда *дать в долг*.

Альфред Тарский, представитель мощной львовско-варшавской школы логиков, констатирует нечеткость языка как факт: “В обычной речи не существует фразы, имеющей точно определенный смысл”. И далее он пишет: “Каким бы путем ученый ни осуществлял свою задачу, установленное им употребление термина в большей или меньшей степени разойдется с повседневной речевой практикой” [13, с. 59].

Но не все так спокойно относятся к нечеткости языка. Неоднократно очень многими учеными высказывалось категорическое требование точно определять используемые слова, чтобы избежать непродуктивных споров.

Г. В. Лейбниц, много лет занимавшийся проблемами универсального символического языка, писал:

“Тогда при возникновении спорных вопросов между двумя философами не будет больше надобности в научных дискуссиях, как нет ее для двух специалистов-вычислителей. Достаточно будет взять в руки что-нибудь пишущее, сесть за вычислительное устройство и сказать друг другу (в дружелюбном тоне, если угодно): Давайте посчитаем”.

Это было написано около 1680 года. Прошло уже 330 лет, прогресс в области вычислительной техники поражает воображение, а философы все еще не готовы сказать друг другу: “Давайте посчитаем”. Причина этого в том, что философские термины высокого уровня (как и исходные термины других наук, например *множество* в математике) не поддаются точным определениям, поскольку нет более первичных понятий, через которые можно было бы их определить.

Даже такой тонкий мыслитель, как Сергей Георгиевич Кара-Мурза, неоднократно с оттенком неодобрения говорил о таких формулировках, как *материя есть философская категория для*

обозначения объективной реальности у Ленина или жизнь есть способ существования белковых тел у Энгельса, но ведь это не строгие определения, а скорее объяснения.

Еще нагляднее выступает “несовершенство определения” у И. Ньютона: *количество материи есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее*, — ведь всем известно, что плотность определяется как отношение массы к объему, значит, налицо просто элементарный логический круг! Но это определение является первым по порядку в знаменитых “Математических началах натуральной философии”. Даже гениальный Ньютон не мог здесь добиться строгости и, более того, *не должен был* ее добиваться.

Итак, требование точно определять используемые слова далеко не всегда выполнимо и даже далеко не всегда обосновано.

Другой стороной того же стремления к точности языка является требование философов-неопозитивистов исключить из употребления термины, “не имеющие операционального значения”, т. е. такие термины, которые нельзя связать с операциями над реальными объектами (или хотя бы с “бумажно-карандашными” операциями). Но это резко ограничивает возможности введения абстрактных понятий, в частности имеющих мировоззренческий характер. А без них, как показывает опыт, обойтись невозможно.

Здесь квалифицированный читатель может возмутиться: зачем ломиться в открытую дверь — ведь есть же математический аппарат нечетких множеств и соответствующих лингвистических переменных, почему не описать с его помощью нечеткость естественного языка?

У автора нет готового ответа, но, по-видимому, нечеткость естественного языка имеет *другую природу*, чем нечеткость множеств по теории Заде. Язык многомерен; от каждого слова протягиваются связи не только к смежным по смыслу словам, но и к очень далеким. Например, “собачка” в зубчатом механизме — это вовсе не маленькая собака, но легко объяснить даже не одну связь, а несколько связей между этими словами. Таких примеров можно найти сколько угодно.

В искусственных языках значения терминов могут быть четкими и однозначными, но только за счет ограничения области денотатов. Например, язык Ассемблера обязан однозначно описывать выполняемые вычислительным устройством операции. Но попытки внести однозначность в отношения между словами естественного языка и обозначаемыми ими предметами наталкиваются на ряд трудностей, вокруг которых давно “топчутся” зарубежные и отечественные философы. По-видимому, эти трудности связаны с тремя основными проблемами: проблемой указания, проблемой значения и проблемой истинности.

Решением *проблемы указания* должен быть ответ на вопрос: каким образом слово может указывать на конкретный объект, если оно “не написано на лбу” этого объекта?

Проблема значения относится к ситуациям, когда значениями слов оказываются несуществующие объекты (скажем, Баба-Яга), а также к ситуациям такого типа: некто знает, что роман “Айвенго” написал автор “Веверлея”, но не знает, что это — Вальтер Скотт. Получается, что слова *автор “Веверлея”* и *Вальтер Скотт* неважимоаменяемы, хотя они обозначают одно и то же лицо.

Проблема истинности связана с представлением о том, что истинное языковое высказывание должно соответствовать “действительному положению вещей”. Здесь излюбленный пример, приводимый очень многими авторами, выглядит так: *предложение “Снег бел” истинно, если и только если снег бел.*

Конечно, три последних абзаца лишь весьма грубо характеризуют соответствующие философские проблемы. В нашей стране этими проблемами активно занимались ученые новосибирской научной школы: В. В. Целищев, В. Н. Карпович, И. В. Поляков, А. В. Бессонов, В. В. Петров и др. Заинтересованный читатель может обратиться к книгам, авторами которых являются эти ученые.

По-видимому, значительная часть трудностей, связанных с перечисленными и некоторыми другими проблемами, объясняется стремлением философов найти решения этих проблем исключительно “внутри языка” и формальными средствами.

От проявлений разумной и полезной нечеткости естественного языка следует отличать случаи ошибочного отождествления понятий, обозначаемых омонимичными терминами.

Пример можно найти у упомянутого выше Г. П. Мельникова [11]. Определяя термин *функция элемента в системе*, он опирается на математическое понятие функции как отображения множества, и у него получается, что функция элемента есть не что иное, как совокупность его структурных связей с другими элементами (они как бы отображаются на рассматриваемый элемент).

Это рассуждение выглядит элегантно. Но ведь термин *функция* кроме математического значения имеет совсем другое (и более естественное, если обратиться к латинскому прототипу) значение, связанное с выполняемыми рассматриваемым элементом *действиями* — как бы его обязанностями в системе. Функция в этом смысле — понятие не структурное, а, напротив, *дополнительное* к понятию структуры.

Например, многие специалисты скажут, что функция электронного усилителя в некоторой системе не изменится из-за того, что к его выходу подключили несколько дополнительных устройств.

Вообще к логическим заключениям, опирающимся на этимологию или состав слова (а расчленять слова в рассуждениях особенно любят деятели церкви — это помогает убеждать паству), следует относиться с крайней осторожностью. Например, часто рассуждают так: *метрон* значит мера, *логос* — учение, значит, *метрология* есть наука об измерениях. Но точно с таким же правом можно считать *астрологию* наукой о звездах! Ясно, что аргументация от состава слова в общем случае несостоятельна.

Как же поступать, используя те или иные термины? Конечно, лучше всего, вводя термин, допускающий неоднозначное понимание, давать ему свое определение. Скажем, тот же Мельников, видимо, вправе пользоваться во всей своей работе термином *функция элемента*, придавая ему то значение, которое указал в начале. Пусть это значение не общепринято — читатель поймет его текст однозначно. Но вместе с тем, если определить метрологию как науку об измерениях, это не будет согласовываться с тем, чем реально занимается большинство метрологов. В данном случае термин “метрология” (в отличие от термина “функция элемента”) отягощен связями с реальностью, которые невозможно игнорировать.

Еще раз мы видим, что, казалось бы, чисто “языковой” вопрос целесообразно решать путем выхода за пределы языка — во внеязыковую реальность.

Возврат из прерывания 1.2.

1.3. Возникновение счета

Если возникновение языка со всей его сложной системой значений и грамматических категорий до сих пор представляется чем-то вроде чуда, то возникновение счета (а также измерения) кажется простым и естественным. Обычно пишут, что человек снабжен естественным счетным устройством — пальцами рук и ног, что первыми мерами были тоже части человеческого тела — пальцы, локоть, стопа и др. Но ведь для того, чтобы пользоваться этими естественными средствами, нужно было *уже научиться* считать и измерять!

Посмотрим, какими понятиями нужно было овладеть для счета. Первое условие — наличие индивидуальных объектов, поддающихся счету. Возможно, исходно такими объектами были сами люди.

Карл Маркс в одном из примечаний к знаменитой первой главе “Капитала” предположил, что человек, смотрясь, “как в зеркало, в другого человека”, вырабатывал представление и о себе, и об этом другом человеке как индивидуумах. Это и было первое необходимое понятие. Вероятно, следующим шагом была индивидуализация животных (и крупных растений) — ведь первобытный человек относился к животным как к подобным себе.

Очень важной была выработка представления об однородности, повторяемости индивидуальных объектов. В этом отношении, наверное, сыграли свою роль происходившие перед глазами первобытного человека естественные повторяющиеся явления, такие как восходы и заходы Солнца, загадочные для него чередования лунных фаз, смена времен года. К этому вопросу мы вернемся, когда будем рассматривать происхождение измерения.

Далее могли проходить параллельно или с некоторым сдвигом во времени два процесса.

С одной стороны, должно было выработаться представление о небольших множествах однородных объектов как *единых*

совокупностях — двое животных образуют *пару* и т. д. Для таких множеств могли появиться специальные обозначения — прототипы количественных числительных (возможно, сначала различные для объектов разного рода). Без наглядных примеров небольших множеств не могло бы возникнуть общее понятие совокупности объектов.

С другой стороны, человек должен был научиться ставить элементы разных совокупностей во взаимно-однозначное соответствие. Может быть, вначале играли роль соображения *симметрии* — колев с одной стороны хижины должно быть столько же, сколько с другой. После этого или одновременно с этим могли вырабатываться навыки сравнения и *различных совокупностей*: обтесанных камней для топоров должно быть столько же, сколько рукояток.

Теперь для того, чтобы сформировалось общее (не зависящее от природы считаемых объектов) понятие числа, необходимо было найти *стандартное множество*, с которым можно было сравнивать все другие совокупности, — своего рода счетную валюту. Вот таким стандартным множеством и стали вначале пальцы рук и ног. Остатки “пальцевого счета” мы видим в форме римских цифр I (палец), V (ладонь с отставленным большим пальцем) и X (две ладони), в рудиментах двадцатиричной системы счисления, сохранившихся во французском языке; о счете на пальцах говорят многочисленные этнографические свидетельства.

Когда с помощью реальных стандартных множеств люди работали названия хотя бы для нескольких первых чисел, произошло, как вслед за Карлом Марксом говорит в статье, вышедшей в 1936 году, замечательный советский философ и логик Софья Александровна Яновская [14], *оборачивание ролей*: названия чисел сами стали рассматриваться как элементы стандартного множества.

Момент оборачивания ролей важно хорошо понять, потому что были (а может быть, и есть) философы и математики, рассматривавшие натуральные числа как *предшествующие вещам*. Можно даже встретить такое высказывание: “Натуральные числа дал нам Господь Бог”.

То, что первых названий чисел было немного, не очень мешало: совокупности объектов, выходящие за пределы известных лю-

дям чисел, можно было делить на равночисленные группы и считать уже эти группы — например, связки шкурок белок, о чем тоже будет сказано в разделе, посвященном измерению. Помогало этому наличие таких естественных групп, как “рука” (5 пальцев) или “целый человек” (20 пальцев).

Счет группами помогал выработке и систем *записи чисел*. Первыми появились непозиционные системы счисления, в которых группе единиц присваивался новый знак, группе этих групп — еще один новый знак и т. д. (рис. 1.2).

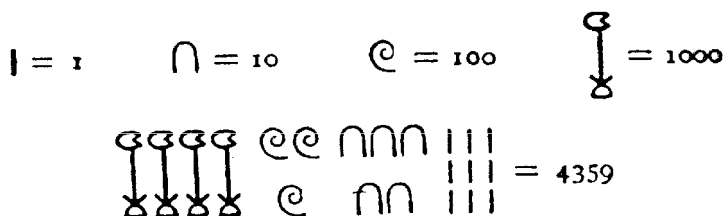


Рис. 1.2. Египетская система записи чисел (по Э. Тэйлору)

После выработки понятия натурального числа (естественно, вначале совсем не строгого понятия) нужно было сделать еще один шаг — увидеть, что счет может продолжаться бесконечно. Но этот шаг вряд ли мог быть сделан в донаучную эпоху.

Методологическое прерывание 1.3.

Натуральные числа: пример определения через абстракцию

Описанный выше предположительный ход формирования абстрактного понятия натурального числа может служить примером того, что в современной науке называется *определением через абстракцию*. Упомянутая выше статья С. А. Яновской [14] посвящена философскому анализу именно этого способа введения новых понятий. Очень хотелось бы, чтобы читатель познакомился с полным текстом этой статьи, поскольку, с одной стороны, определения через абстракцию встречаются очень часто, а с другой стороны, с ними связана тонкая грань между научной истиной и философскими заблуждениями. В статье Яновской эта грань очень четко прорисована.

Вопрос определений через абстракцию затронут в книге Д. П. Горского [15], где даже выявлена одна логическая неточность, допущенная С. А. Яновской. Но изложение Горского (для которого определение через абстракцию — только один из видов определений) более формально и сухо.

Общий ход рассуждения при введении понятия через абстракцию таков. На некоторой совокупности объектов обнаруживается бинарное отношение между этими объектами. Устанавливаются его свойства — это отношение оказывается рефлексивным, симметричным, транзитивным и, следовательно, является эквивалентностью. В примере с натуральными числами это отношение — равночисленность, равномощность исходных конечных множеств, которые в данном случае являются первичными объектами.

Отношение эквивалентности позволяет разбить все множество рассматриваемых объектов на классы эквивалентных друг другу объектов. Теперь мы имеем дело с новым множеством — множеством классов эквивалентности (в математике его называют *фактормножеством*). Это новое множество рассматривается как множество проявлений некоторого общего *свойства*, которое мы выявили у исходных объектов.

Выявленное общее свойство (в нашем примере это мощность конечных множеств, выражаемая натуральными числами) и принимается за новое понятие, введенное через абстракцию.

Короче говоря, раз есть эквивалентность, значит, должно быть и свойство, по которому объекты эквивалентны.

В статье [14] показано, что рассмотренный способ введения понятия числа в точности совпадает с тем способом, которым в первой книге “Капитала” Карла Маркса обосновано понятие стоимости.

В качестве более простого примера Яновская рассматривает отношение параллельности (или совпадения) прямых линий на плоскости — оно тоже рефлексивно, симметрично и транзитивно. В этом случае множество классов эквивалентности (пучков параллельных прямых) оказывается множеством *направлений* на плоскости, т. е. опять-таки удастся выявить новое свойство объектов.

Какие могут быть здесь философские заблуждения? А вот какие.

Почему бы не решить, что выявленное через абстракцию свойство не было присуще объектам до того, как мы их стали сравнивать, а *порождается* сравнением?

Почему бы не объявить выявленное свойство абстрактной “идеей” платоновского типа? Ведь реально существуют *только* сами объекты.

Почему бы, наоборот, не заключить, что с помощью абстракции создается (или выявляется) некий новый объект, существующий *наряду* с исходными объектами? Ведь математики постоянно говорят о *существовании* чисел (или иных математических объектов), которые имеют собственные свойства.

Все перечисленные варианты на самом деле встречались в истории философии. Вот только один пример. В упомянутой выше книге А. Тарского находим следующую мысль “...по мнению многочисленных логиков, отпадает необходимость всякого различия между двумя понятиями: класса и свойства” [13, с. 112]. И далее эта мысль развивается в таком направлении: при определении понятия равенства объектов нет необходимости говорить об одинаковости их *свойств*. Лучше использовать другую формулировку: “ $x = y$ если, и только если, каждый класс, который содержит какой-либо из предметов x и y в качестве своего элемента, содержит также и другой в качестве своего элемента”. Фактически Тарский объявляет понятие *свойства* ненужным, хотя и делает это очень мягко, почти незаметно.

Но представим последнюю формулировку Тарского в роли алгоритма действия: ведь буквальное следование ей заставляло бы нас при каждом установлении равенства перебирать *бесконечное множество возможных классов*, которые могли бы содержать рассматриваемые объекты. Вот, например, две пробирки с красными растворами. Одинаковость окраски легко устанавливается с помощью спектрофотометра. Зачем нам собирать по всему миру классы красных предметов?

Вместе с тем можно придумать “классы”, имеющие небольшое отношение к реальности. В статье [14] обсуждается такой (заимствованный) пример: вишни и мясо входят в класс красных сочных съедобных тел. Что это нам дает, кроме ничего не значащего набора слов?

Как видно, методологические ловушки здесь не выдуманы, люди на них попадались и продолжают попадаться, и только диалектический подход позволяет, если можно так выразиться, пройти по лезвию ножа, не свалившись в ту или иную крайность.

Между прочим, С. А. Яновская в своей статье везде берет слово *определение* в кавычки, а в заглавии статьи даже уточняет: *так называемые “определения через абстракцию”*. Этим она старается подчеркнуть, что путем абстракции не изобретается новое свойство объектов, а выявляется свойство, которое было реально присуще этим объектам до наших операций с ними.

Остается еще раз рекомендовать читателю внимательно прочесть саму статью [14], поскольку изложить здесь все обсужденные в ней вопросы невозможно — для этого пришлось бы переписать весь ее текст.

Возврат из прерывания 1.3.

Методологическое прерывание 1.4.

Как человек узнает значения слов?

Теперь в основном тексте и в прерываниях уже достаточно сказано для того, чтобы задаться вопросом: а как в действительности человек узнает значения слов? Ведь он рождается, не имея в голове ни набора образов предметов внешнего мира, ни соответствующего набора слов в их звуковом оформлении.

Первые слова ребенка относятся к женщинам, которых он видит около себя чаще других людей: *мама, баба*. Вероятно, он и себя осознает, “смотрясь, как в зеркало” (по выражению К. Маркса), в этих людей. Никому не придет в голову формулировать для малыша определение по Аристотелю — через ближайший род и видовое отличие: *мамой называется женщина, которая тебя родила*. Он и не поймет этих слов — он их еще не знает (кроме самого слова *мама*).

Не годятся и “определения через абстракцию”, для использования которых нужны классы эквивалентности, и некоторые другие виды определений, рассмотренные в монографии [15].

Единственный способ сообщить малышу значения слов состоит в том, чтобы *показывать* ему предметы и действия, одновременно называя их и, возможно, как-то характеризую: *Вот киса, киса, мяу!*

Определения, основанные на показе, называют *остенсивными*. Значения большинства слов, относящихся к обыденной жизни, человек узнает с помощью остенсивных определений. Таким же способом первоначально узнаются значения написанных или напечатанных букв и цифр. Грамотный человек даже не задумывается над тем, что одна и та же буква может иметь разные начертания, например *А* и *а*, — ему их показали и назвали в детстве. С помощью определений, близких к остенсивным, вводятся и многие научные термины.

Возврат из прерывания 1.4.

1.4. Возникновение измерения

Измерение представляет собой познавательный (или, в более общем плане, информационный) процесс, значительно более сложный, чем процесс счета. Количество понятий, необходимых для его реализации, больше, и они связаны друг с другом так, что, по-видимому, не могли формироваться ни последовательно, одно за другим (что было возможно при возникновении счета), ни тем более одновременно. Вместе с тем, а может быть именно поэтому, процесс возникновения измерений в литературе практически не описан.

В связи с этим автором настоящего пособия в нескольких публикациях была предложена гипотеза *пред-измерительных ситуаций* (или, в более простых случаях, *пред-измерительных операций*). Предполагается, что в каждой из таких ситуаций (или операций) формировалось одно необходимое понятие (или, может быть, два-три понятия), а затем эти ситуации стали *переплетаться* и выработанные ранее понятия соединились между собой.

Последующий текст представляет собой слегка отредактированную статью [16] (а эта статья, в свою очередь, была вариантом первого очерка из пособия [17]). Большой его объем и обилие ссылок на источники оправдываются оригинальностью материала и важностью темы. К тому же нам встретятся дополнительные сведения по вопросу о возникновении счета.

Итак, в качестве пред-измерительных ситуаций предлагается рассмотреть: передачу впечатлений с помощью сравнения; счет

повторяющихся событий; изготовление симметричных изделий; соразмерение вещей и процессов с возможностями человека и животных; раздел припасов между членами рода.

Передача впечатлений с помощью сравнения могла осуществляться различными способами, в частности:

- путем подбора копии для описываемого объекта;
- путем сопоставления объектов по общему (комплексному) сходству;
- путем сопоставления объектов по характерному признаку;
- путем указания на какой-либо из качественно различных эффектов.

Наиболее бедным по содержанию представляется сравнение объекта с подобранной для него *копией*. Например, “при вопросе о толщине какого-нибудь ствола он [крестьянин] ищет глазами в комнате какую-нибудь цилиндрическую подходящую форму...” [18, с. 140]. Эта подобранная копия выступает как своего рода *аналоговый результат* примитивной познавательной процедуры.

Так в наши дни поступает домохозяйка, “измеряющая” оконную раму веревочкой, чтобы затем нести эту веревочку к стеклянщику. Так, вероятно, могли поступать и первобытные люди, тем более что подобная операция “копирования” зафиксирована и в истории возникновения счета [19, с. 217].

Значительно больший интерес представляет сопоставление объектов по *комплексному сходству*, т. е. по многим нечетко формулируемым признакам.

Если, например, богатырь сравнивается с дубом, то это говорит сразу и о его росте, и о силе (крепости). Герои “Слова о полку Игореве” бежали “серым волком”, а у М. Ю. Лермонтова “Гарун бежал быстрее лани”, но это говорит не столько о градациях скорости, сколько о повадках бегущих. Само слово “быстрее” здесь обманчиво. Ведь дело не в том, что лань может бежать с такой-то скоростью, а Гарун бежал с большей, — фактически речь идет не об отношении *порядка*, а о том же отношении *сходства* (сходства Гаруна с затравленным животным, спасающимся бегством).

Представляется, что такая качественная оценка может быть намного богаче, или, иными словами, информативнее, сухого количественного указания скорости.

Еще интереснее третий вариант передачи впечатлений — путем сравнения по *ведущему признаку*. Поясним его на примере: по словам того же крестьянина из работы [18], снег падал “в воробья”, “в сидячу курицу”, “в сидячу собаку”. Казалось бы, нет никакого сходства между снегом и курицей или снегом и собакой, но дело в том, что у снежного покрова всего один ведущий признак — толщина, и его можно даже не упоминать.

Заметим, что древний человек называл не этот ведущий признак (сейчас мы сказали бы — характерный параметр модели объекта), а сам объект, говорил не о *толщине* снежного покрова, а о *самом снеге*.

Аналогично в текстах математических задач древности спрашивалось, не “какова длина тростника”, а “каков тростник”; вместимость сосуда именовалась “водой его”, площадь поверхности — “грунтом” или “полем” [20, с. 188–189; 21, с. 82–83].

Такие выражения могли сохраниться от той далекой эпохи, когда даже понятия основных величин еще не были выработаны и вместо величины (вернее, соответствующего ей параметра — например, *вместимости* сосуда) человек называл физическую сущность — например, воду, вылитую из сосуда. Однако не будем осуждать древних: история науки показывает, что и великие ученые XVII века поступали так же.

Опять-таки аналогичная практика встречается в истории вычислений. Ответ типичной древнеегипетской (2000 лет до н. э.) задачи на “исчисление кучи” выглядит так: “Получаем 4, и знай, что 4 есть имя кучи” [19, с. 228–229]. Конечно, современный математик ни за что не спутает *мощность* множества с *именем* множества!

Методологическое прерывание 1.5.

Что же в действительности измеряется — величина или реальный объект?

Мы привычно говорим: *измерить длину стола*, *измерить сопротивление резистора* и т. д. Эти выражения имеют такую же структуру, как выражения *подвинуть стол начальника*, *припаять резистор нагрузки*. Но в этих последних выражениях *стол* и *резистор* обозначают реальные вещи, которые подвергаются нашим действиям, как-то изменяются при этом. А разве *длина* и *сопро-*

тивление подвергаются действиям? Нет, ведь это не вещи, а свойства вещей. *Стол* можно покрасить или выбросить, а *длину стола* ни покрасить, ни выбросить нельзя.

Но ведь измерительные операции делаются в реальном мире. Измеряя сопротивление резистора, мы присоединяем его (а не его сопротивление!) к омметру, пропускаем через него ток и т. д. — в общем, выполняем целый ряд реальных операций. Получается, что мы измеряем не сопротивление, а резистор? А если положить тот же резистор на весы или приложить к нему термометр — мы тоже измерим резистор? Опять что-то не сходится.

По-видимому, логически правильными были бы такие выражения: *измерить резистор в отношении сопротивления*, *измерить резистор в отношении массы*, *измерить стол в отношении длины*. Но так никто не говорит, все пользуются логически неправильными, условными, но короткими и удобными выражениями.

Это — обычная языковая практика. Ведь говорим же мы: *подача напряжения на усилитель*, *потребление энергии прибором*, хотя *напряжение* и *энергия* являются физическими величинами, их нельзя ни подавать, ни потреблять, как нельзя купить в магазине *вес* продукта.

Конечно, бороться с языком — занятие бесполезное. Но, пользуясь логически неправильными условными выражениями, не следует забывать об их условности, а если появляется выбор, то лучше выражаться правильно: “Не стой под *грузом*” (а не под *тяжестью*), “Ввод в действие *электростанций*” (а не *генерирующих мощностей*) и т. п.

Возврат из прерывания 1.5.

Еще один вариант сравнения — наблюдение *качественно различных эффектов* — можно иллюстрировать примером оценивания силы ветра. *Тихий* ветер только слегка отклоняет поднимающийся вверх дым, *легкий* шелестит листьями, *умеренный* поднимает пыль и т. д. В современном понимании это — лингвистическая *шкала*.

Почему наблюдение и указание характерных эффектов понимается нами как вариант сравнения? Ведь, казалось бы, сравнивать можно только в какой-то степени однородные объекты,

а между ветром и шелестящими листьями или пылью нет ничего общего! Справедливо последнее или нет, однако наблюдение шелеста листьев под действием ветра есть не что иное, как частный случай сравнения активного объекта с пассивным по принципу воздействие—реакция. В современной практике этот принцип широко применяется (пример: измерение частоты электрического сигнала волномером).

И как раз важно, что сравниваемые по этому принципу объекты — например, сигнал и резонатор волномера — *качественно* различны (как, впрочем, и снег с воробьем в одном из предыдущих примеров). *Объекты, однородные во всех отношениях, не позволили бы выделить определенное свойство, по которому они сравниваются.*

Это важнейшее для теории познания положение было подробно аргументировано К. Марксом в ходе построения теории измерения стоимости. Упомянутая выше С. А. Яновская коротко сформулировала его так: “...процесс абстракции, или отвлечения, не надо понимать... так, как его понимают обычно эмпирики: дана вещь x , обладающая свойствами a, b, c, d ; чтобы выделить в чистом виде свойство d , достаточно-де просто отбросить свойства a, b, c ... Для того чтобы выделить в чистом виде отношение между вещами, нельзя просто отбросить эти вещи, а нужно сделать их переменными. Если бы мы не умели изменять мир, мы не могли бы познавать его” [14, с. 47].

Каждый из рассмотренных вариантов передачи впечатлений с помощью сравнения внес что-то свое в формирование современной процедуры измерения. В особенности третий, а отчасти также второй и четвертый варианты способствовали выделению множества общеизвестных *опорных, реперных объектов*, обладающих четко выраженной и довольно стабильной *мерой* (в гегелевском смысле этого слова). Впоследствии эти объекты могли стать “естественными эталонами”. Это и привело, в частности, к появлению единиц, основанных на размерах человеческого тела.

Однако ни один из вариантов сравнения не подводил к представлению о величине как континууме и ее связи с числом, так что *сравнение само по себе не могло перерасти в полноценное измерение.*

Счет повторяющихся событий (дни, ночи, новолуния, сухие и дождливые сезоны и т. п.), напротив, приводил именно к числу.

Поэтому его можно рассматривать как одну из важнейших предизмерительных операций. Об этом хорошо сказал Б. А. Фролов: “Луна существует для измерения времени, счета дней — таков исходный смысл, фиксированный в мифах и в самих языках далеких друг от друга народов мира” [3, с. 46–47].

Действительно, как утверждают лингвисты, слова “мера” и “месяц”, а также близкие по звучанию слова других индоевропейских языков происходят от общего корня.

Уже в палеолите получили распространение орнаменты с кратностью 7 [22], что могло быть связано с длительностью каждой из четырех фаз луны — около 7 суток (вероятно, отсюда же происходит наша семидневная неделя).

Г. Дильс говорит об этом так: “...наши индогерманские предки называли месяц *измерителем*” [23, с. 137]; однако вряд ли месяц мог быть назван по еще не существовавшему измерению, скорее, наоборот, измерение могло получить название от месяца.

Правда, осознание однотипных событий как повторяющихся (и тем более поддающихся счету) было достигнуто не сразу.

Л. А. Файнберг [24] на ряде этнографических примеров доказывает, что первобытные люди “скорее индивидуализировали события, явления, предметы, чем нумеровали и суммировали их”. Так, австралийские аборигены, назначая встречу, “поочередно называли периоды года, которые пройдут до встречи, но не суммировали их”. Аналогично папуасы, “информируя о продолжительности пути, называли селения, в которых будут ночевать, но не число ночевок или дней пути”.

Поскольку упомянутый выше Фролов назвал “единообразное повторение сходных элементов в пространстве и во времени” одной из предпосылок развития счета у палеоантропов [25, с. 403], можно предположить, что счет как таковой и измерение времени путем счета повторяющихся событий развивались одновременно. Иначе говоря, возникающему измерению не нужно было *ждать* завершения возникновения счета. Более того, античные ученые высказывали мнение, что само “понятие числа возникло из наблюдений за круговращениями божественных тел” [26, с. 467].

Освоение счета повторяющихся событий совсем не означало восприятия первобытным человеком времени как континуума.

Напротив, считаемые события должны были долго представляться индивидуальными, изолированными друг от друга: “Дикарь говорит о смерти своего отца, что она последовала три дождливых сезона или три зимы тому назад” [27, с. 195].

О такой же дискретизации событий свидетельствует тот факт, что слово “сутки” в русском языке появилось намного позже слов “день” и “ночь”. Великому греческому диалектику Гераклиту Эфесскому принадлежат слова: “Учитель большинства — Гесиод: про него думают, что он очень много знает — он, кто не знал дня и ночи! Ведь они суть одно” [26, с. 214]. Эти слова можно трактовать как обвинение греков времен Гесиода в том, что для них день и ночь все еще были *отдельными сущностями*, а не частями непрерывно текущего времени.

При таком дискретном восприятии времени счет повторяющихся событий, хотя он и имел число в качестве результата, сам по себе тоже не мог развиваться в измерение.

Изготовление симметричных изделий (каменные орудия, лодки, хижины и т. д.) требовало точного копирования одной частью или стороной изделия другой части, причем копия как бы автоматически суммировалась с оригиналом. Это должно было способствовать развитию представлений об аддитивности и конгруэнтности пространственных объектов. К тому же для копирования мог потребоваться “переносчик” — своего рода временная мера. Тем не менее одно только копирование объекта с последующим его удвоением тоже не могло превратиться в измерение.

Соразмерение вещей и процессов с возможностями человека и животных (“бросок камня”, “полет стрелы”, “бычий рев” — расстояние, на котором он еще слышен; “упряжка” — путь, который лошадь проезжает без кормежки; “верста” и “гон” — пахота до поворота плуга), по-видимому, было наиболее важной из предизмерительных ситуаций как в практическом, так и в теоретическом отношениях.

Для практики была существенной возможность оценивания усилий, необходимых для выполнения тех или иных трудовых или боевых действий. Наоборот, сами объекты этих усилий оценивались и выбирались в соответствии с возможностями людей. К. Маркс писал: “У древних германцев величина моргена

земли измерялась трудом одного дня; отсюда названия моргена: Tagwerk... Mannwerk, Mannskraft...” (ясно, что морген — это единица площади).

При освоении скандинавами Исландии “викинг получал ту территорию, которую мог обойти с восхода до заката солнца с горящим факелом в руке, зажигая на границах своих будущих владений костры. Женщинам же в аналогичной ситуации полагалось вести за собой в поводу двухгодовалую корову” [28].

В теоретическом плане важна была аддитивность трудовых усилий — тяжелую работу можно сделать не за один, а за два или три приема; большее число людей может освоить соответственно большую территорию. Наоборот, в совместной работе видна доля каждого работника, что могло способствовать выработке представления о делимости величин.

Отметим и здесь качественное богатство оценок — одно слово, например *верста*, могло характеризовать и линейные размеры, и площадь земельного участка (да еще, вероятно, с учетом трудности его обработки!).

В свете этого не следовало бы упрекать народную метрологию за неопределенность и условность мер [18, с. 138]. В каком-то смысле они были даже точнее современных, требующих при оценивании объема сельскохозяйственных работ таких произвольных операций, как “перевод на мягкую пахоту”.

Ситуации соразмерения вещей и процессов с возможностями человека и животных, пожалуй, были наиболее близкими к тому, чтобы развиться в простейшие измерения. Но и здесь требовалось участие элементов других рассмотренных ситуаций, в особенности счета времени.

Раздел припасов между членами рода, в отличие от двух предыдущих пред-измерительных ситуаций, преимущественно связанных с производственными операциями, должен был постоянно происходить и в обществах, живущих охотой и собирательством. В ситуации раздела припасов — зерен, съедобных корней, мяса убитых животных — в наиболее явном виде выступала *делимость* оцениваемого объекта. Эта ситуация должна была сразу привести к понятию дробных чисел — причем именно с единичными числи-

телями, преимущественное употребление которых сохранилось вплоть до Древнего Египта [29, с. 124; 30, с. 86–89].

Вероятно, прежде всего было освоено деление пополам — об этом говорит самостоятельность соответствующих языковых выражений (*половина*, *one half* и аналогичных в других языках) по отношению к выражениям, обозначающим треть (от числительного *три*), четверть (от числительного *четыре*) и другие, более мелкие доли. Наряду с делимостью целого, при этой операции явно выступала количественная сравнимость, симметрия половин.

О чрезвычайной практической важности процедуры раздела свидетельствует ее роль в формировании понятий судьбы (*доли*) и закона [31]. Но так как при простом разделе кучи припасов поровну (или тем более не поровну) не требовалась мера, такой раздел тоже сам по себе не мог перерасти в измерение.

Только смешение, взаимопроникновение элементов перечисленных пред-измерительных ситуаций могло привести к возникновению примитивного измерения. Если принять эту гипотезу, то далее возникают два вопроса: во-первых, как могло происходить это взаимопроникновение и, во-вторых, когда оно происходило?

Ответ на первый вопрос опять-таки носит характер гипотезы: вероятно, взаимопроникновение пред-измерительных ситуаций шло различными путями.

Возможности человека и животных связывались со временем, а значит, и с его счетом (“дневные переходы” и т. п.). Наоборот, сопряженный с разделом пищи раздел трудовых усилий вел и к делению времени — например, на отрезки ночного дежурства для поддержания огня или для охраны поселения (аналогично “стражам” Древнего Рима).

Счет мог добавиться к оцениванию по сходству в результате сравнения с составными объектами аналогично тому, как в истории систем счисления составные объекты — например, связки шкурок белок по 5 или по 10 [32, с. 348–349] — приводили к появлению новых числительных.

Появление сосудов для пищи вместе с уже известной из практики изготовления симметричных изделий процедурой копирования с “переносчиком” позволило внести счет в процедуру раздела продуктов и обмена ими.

Площади земельных участков стали оцениваться не только по необходимым трудовым затратам, но и по количествам зерна для посева [19, с. 232, 234], а зерно легко и делить, и складывать.

Всё это приводило к постепенному прояснению представлений об аддитивности, делимости, мере и сравнении, возможностях применения целых и дробных чисел для описания свойств объектов. Сочетаясь между собой, все эти представления и привели к измерению.

Ответ на второй вопрос затрудняется вследствие того, что сама хронология развития первобытных обществ установлена с большой степенью неопределенности. Как уже говорилось, Б. А. Фролов относит эпоху мезолита к VIII–V тысячелетию до нашей эры, неолит отсчитывает с V тысячелетия до нашей эры, а началом эпохи металлов считает III тысячелетие до нашей эры. В то же время, например, Г. Бельская в серьезной, хотя и популярной статье [33] пишет: “Вероятнее всего... эпоху раннего металла следует начинать с V тысячелетия до новой эры, когда в Балкано-Карпаты вспыхивают удивительные по своей мощности и уровню развития металлургия меди и горнорудное дело”.

Проще всего предположить, что взаимопроникновение различных ситуаций и формирование примитивного измерения в интересующей нас зоне, примыкающей к Черному и Средиземному морям, происходили в эпоху “неолитической революции”.

Во всяком случае, как пишет историк науки Марио Льюцци, “примерно к периоду около 3000 лет до н. э., который в истории техники носит название первой промышленной революции” относится практическое применение обожженного кирпича, гончарного круга, колесного экипажа. “Несколько позднее были... применены плуг, весы, отвес, уровень, угломер [наверное, угольник?], циркуль, клещи” [34, с. 7].

И далее читаем у того же Льюцци: “...еще в Вавилоне и древнем Египте был предпринят ряд попыток упорядочения данных опыта и наблюдения: введение уже к 2500 г. до н. э. фиксированных единиц измерения длины, веса и емкости; осознание периодического чередования времен года; разделение года на месяцы, дни и часы”.

Очевидно, что “первая промышленная революция” не могла обойтись без измерений и что к середине III тысячелетия до на-

шей эры основные этапы процесса *возникновения* измерений заведомо были уже пройдены.

Однако можно предполагать, что в течение многих веков после возникновения примитивного измерения одна и та же (в нашем нынешнем понимании) величина в объектах разных видов не только измерялась различными способами, но и понималась людьми как *различные свойства*.

Чрезвычайно важный процесс осознания того, что, например, в бревне и в дневном переходе есть нечто общее (а именно *длина*), вряд ли возможно сейчас со всеми подробностями проследить и датировать.

Косвенным свидетельством этого процесса можно считать сохранившееся до настоящего времени различие единиц. Еще недавно в русском языке различались “межевые меры” для измерения длины земельных участков и “путевые меры” для измерения длины дорог [18], а морская миля и узел как единица скорости судов — и только судов! — до сих пор продолжают успешно сопротивляться введению метрической системы.

Но в конечном итоге измеряемые величины были абстрагированы от конкретных объектов настолько, что стало возможным выражать каждую из них в единицах, находящихся в известных отношениях между собой, несмотря на различное их происхождение. Можно считать, что формирование представлений *о ряде конкретных величин, каждая из которых была общей для разнородных объектов*, завершило процесс возникновения измерений.

Осталось еще выработать общее понятие *измеримой величины* (как обобщение ряда конкретных измеряемых величин). Один шаг к этому был сделан в Древней Греции, следующие шаги задержались до XIV века нашей эры и даже до более позднего времени.

1.5. Возникновение письма

Необходимость фиксировать в письменном виде предписания и события, по-видимому, возникла в эпоху классообразования. Но зачатки письма могли появиться и раньше.

Вероятно, подобно тому как исполнитель первобытной пантомимы предвосхищал события охоты (или воспроизводил их по окончании охоты в качестве рассказа соплеменникам), так и

первобытный художник рисовал на стенах пещеры тех животных, на которых охотился. Далее, если какое-то племя называло себя именем животного (а такие названия были широко распространены), рисунок этого животного мог пониматься как символ племени. А отсюда уже рукой подать до *рисуночного (пиктографического) письма* — своеобразного “рассказа в картинках”.

Примеры таких рисуночных сообщений можно найти, например, у Э. Тэйлора или в книге А. М. Кондратова [35]. Из последней заимствован рис. 1.3 — послание семи индейских племен Конгрессу Соединенных Штатов. Послание означает: все семь племен, единые сердцами и мыслями, просят разрешения ловить рыбу в озерах (изображенных слева внизу).

Рисунок 1.3 является примером нерасчлененной, цельной пиктограммы. Если выраженную в ней идею и можно разделить, то, пожалуй, только на две части: одна выражает единство племен, а другая — желание ловить рыбу в озерах. Другим видом пиктографического письма является ряд простых рисунков, раскрывающих некоторую *последовательность* событий, — это уже напоминает линейно упорядоченный текст. Пример такого рисуночного рассказа (об удачной охоте) тоже имеется в книге [35].

Рисунки, вначале произвольные, постепенно стандартизовались и по начертанию, и по смыслу. В итоге рисуночное письмо (в его “текстовой” разновидности) превратилось в *идеографическое*. Этот термин нужно понимать так: теперь каждый символ обозначает определенное понятие, определенную идею.



Рис. 1.3. Рисуночное письмо

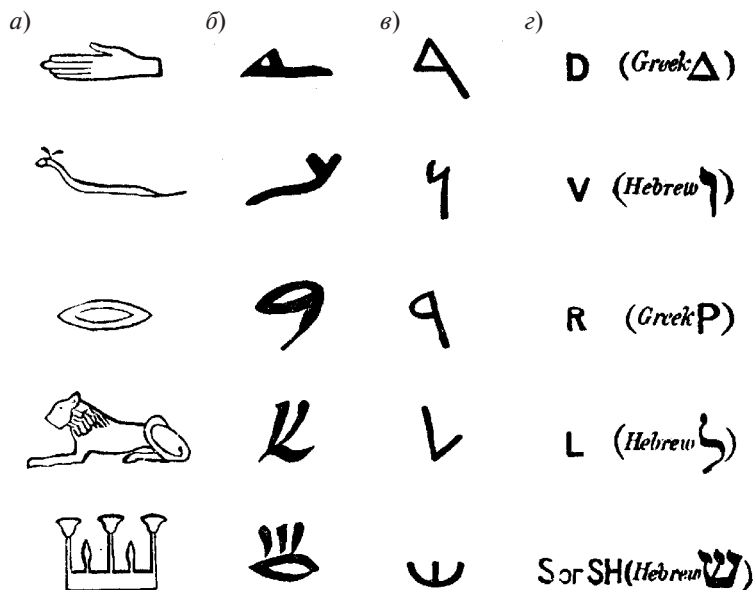


Рис. 1.4. Египетские иероглифические (а) и иератические (б) письма, буквы финикийского алфавита (в), латинские, греческие и еврейские буквы (г)

В качестве известного примера идеографического письма вспомним египетские иероглифы той формы, в которой они были высечены на обелисках и стенах зданий. Они явно представляют собой стилизованные рисунки.

Л. Р. Зиндер пишет: “Иероглифика обязана своим возникновением такому этапу развития языка, когда слово было еще лингвистически неразложимым, но уже вычленялось в речи как самостоятельная единица” [36, с. 49]. Напомним: выше (в разд. 1.2) было высказано предположение, что на предыдущем этапе развития языка “лингвистически неразложимым” было целое высказывание.

По мере развития скорописи рисунки (при сохранении смысла) упрощались и постепенно теряли связь с изображаемыми предметами. На рис. 1.4, заимствованном из книги Э. Тэйлора, хорошо видна эта потеря связи — в небрежных закорючках с трудом можно узнать черты исходного рисунка.

На следующем этапе развития языка в слове стали выделяться отдельные части. Тогда письменные знаки, ранее обозначавшие целые слова (и даже не столько слова, сколько идеи!), могли ассоциироваться уже с частями слов — возможно, с первыми их слогами. Тем самым звучание слова отделилось от его смысла.

Это было решающим скачком в развитии письма: от изображения *понятий* люди перешли к попыткам изображения *звуков* речи. Это резко расширило возможности системы письма: при идеографическом письме каждое новое понятие, вообще говоря, требовало нового знака (хотя возможно было и уточнение смысла путем комбинирования знаков); при фонематическом письме число знаков имело один порядок с числом различных звуков речи и оставалось постоянным.

Можно только удивляться интеллекту тех, кто стал изображать знаками звуки речи: ведь эти звуки в действительности совсем не так дискретны, как это представляется нам, привыкшим к дискретным буквам. Это очень четко обрисовано, например, Л. Р. Зиндером: “Устная речь представляет собой звуковой континуум, сегментация которого с физиолого-акустической точки зрения не совпадает с лингвистическим членением на минимальные звуковые элементы, являющиеся воплощением фонем” [36, с. 31–32].

Считается, что прототип европейских алфавитов был изобретен финикийцами или каким-либо из соседних с ними народов, причем исходно письмо было скорее *слововым*, чем полностью фонематическим. Финикийцы были мореходами и общались с греками. Греки (забыв ранее существовавшую крито-микенскую систему письма или отказавшись от нее) заимствовали гениальную идею и доработали ее, добавив буквы для гласных.

Римские буквы и наша кириллица являются потомками греческого алфавита — даже само слово *алфавит* составлено из названий двух греческих букв, *альфа* и *бета*. Последние, в свою очередь, сходны с еврейскими названиями букв *алеф* (бык) и *бет* (дом), то же сходство прослеживается и для других букв — финикийский язык был близок к еврейскому. Видимо, начертание букв каким-то образом произошло от изображений быка, дома и т. д.

Обычно говорят, что финикийцы изобрели, а греки заимствовали *алфавитное* письмо. Однако в литературных источниках но-

менклатуру иероглифов тоже иногда называют алфавитом, и на этой почве возможна путаница.

Нужно отметить, что современное европейское письмо только отчасти можно рассматривать как фонематическое. На написание слов влияет не только их звуковой состав, но и множество других факторов, в частности грамматическая форма (произносим *мыца*, а пишем *мыться*) и историческое происхождение (например, английское *beauty*). Само соответствие между буквами и фонемами неоднозначно (например, буква *я* в начале слова обозначает два звука: *йа*, а после согласной — один звук *а*, но зато указывает на мягкое произношение согласной). Сохранились в письменном языке отдельные идеограммы, например цифры. Все эти особенности подробно рассмотрены в упомянутой выше книге [36] и в других источниках.

Нужно сказать еще несколько слов о терминологии, связанной с письмом. Вот одна из итоговых формулировок того же Л. Р. Зиндера [36, с. 42]:

“...В том, что обычно недифференцированно называют письмом или письменным языком, скрыто три родственных, но разных явления: 1) письменная форма речи, или письменная речь, т. е. акт писания и чтения, 2) письменный язык как некая система и 3) письменность, которая является продуктом первых двух. Эти три понятия являются параллелью к триаде Л. В. Щербы, различавшего языковую систему, речевую деятельность (процесс говорения и понимания) и языковый материал”.

Теперь должно быть ясно, почему в разд. 1.2 говорилось о возникновении речи и языка. Сначала должна была появиться живая речь (пусть крайне несовершенная), а уже потом на ее основе могла сформироваться постепенно усложняющаяся языковая система. То же самое можно сказать о возникновении системы письменного языка.

Что касается дискуссионного вопроса, являются ли звуковой и письменный языки двумя различными языками или двумя проявлениями единого языка (имеется в виду не язык вообще, а конкретный язык — русский, немецкий и т. п.), то не будем входить в обсуждение этой проблемы, важной для профессионалов-лингвистов.

Зато с позиций современной информационной техники интересен другой вопрос: можно ли рассматривать звуковой язык

и письменный язык как *коды*? В отношении письменного языка можно согласиться с мнением уже не раз цитированного нами Л. Р. Зиндера: “Письмо... представляет собой вид кода, позволяющего переводить акустический речевой сигнал в оптический... Обязательным свойством кода является его условность: код создается сознательно в результате договора, и его можно произвольно изменять” (как иногда правительства изменяют принятый в стране алфавит). И далее: “Письмо представляет собой довольно сложный код, его элементы могут обозначать разные языковые единицы и явления: буква обозначает фонему, цифра заменяет слово, вопросительный знак и точка указывают как на коммуникативный тип, так и на конец предложения, и т. д.” [36, с. 43].

Что касается звукового языка, то его не принято считать кодом. Это видно, например, из приведенных Л. Зиндером слов В. Гумбольдта, написанных еще в 1826 году: “Только звучащее слово является как бы воплощением мысли, письмо — воплощение звучания” [Там же, с. 15].

Действительно, несмотря на условность (немотивированность) большинства словесных обозначений, их невозможно целиком поменять, например, декретом правительства. Язык развивается по своим законам, что-то заимствуя из других языков, что-то принимая из предложений отдельных лиц, предпочитая одни синонимы другим и т. д.

И последнее замечание. Вслед за формированием письменности (вероятно, в эпоху создания первых государств?) должна была возникнуть потребность в *обучении письму*.

Конечно, и до этого люди обучались необходимым навыкам охоты, изготовления орудий и т. д., но делалось это, скорее всего, путем простого подражания. При обучении же письму должен был передаваться определенный “корпус информации”. Возникла примитивная педагогика как своеобразный информационный процесс.

1.6. Способы связи в донаучную эпоху

Поскольку связь является одним из наиболее заметных информационных процессов, нужно что-то сказать и о ней. Однако сведений о *возникновении* связи у автора данной работы нет.

Потребность в связи могла возникнуть на довольно ранних стадиях развития общества: нужно было, например, сообщить соседнему роду или племени о приближении врагов или о стихийном бедствии.

Что касается *способов* связи, то, видимо, наиболее просто было отправить сообщение (устное или в виде какого-либо предмета, имевшего символическое значение) с гонцом. Это в какой-то степени обеспечивало и скрытность коммуникации. Если же срочность была важнее скрытности или требовалась как раз “широковещательная” коммуникация, то использовалась сигнализация кострами или дымами, а также звуковая сигнализация, например с помощью барабанов. Звук последних был слышен на больших расстояниях (и при необходимости “транслировался” в промежуточных пунктах), а разнообразие ритмов, которые можно было выбить на барабанах, позволяло передавать множество разнообразных сообщений.

Заключение к гл. 1

Может возникнуть вопрос: а нужно ли было начинать изучение истории информационной сферы человеческой деятельности с доисторических времен?

Представляется, что нужно, потому что из фактов или гипотез, относящихся и к этой давней эпохе, можно сделать полезные выводы. Прежде всего следует хорошо представлять себе те масштабы времени, в которых происходило формирование отдельных областей информационной сферы, — поистине удивительно, что элементы счета присутствовали уже в палеолите! И нужно понимать, что это происходило вовсе не так давно и что окружающий нас мир (при всем поражающем воображение развитии техники) не так уж сильно отличается от мира первобытного человека.

Далее, изучение реального процесса возникновения, например, языка или того же счета, даже связанное с рядом гипотез, должно стать своего рода прививкой против некоторых соблазнов современной философии, любящей щеголять аппаратом математической логики. Такую же роль призвана сыграть демонстрация неформального характера естественного языка и неременной опоры его на реальную жизнь.

Связь материала этой главы с современными проблемами должна быть видна уже из тех нескольких методологических прерываний, которые были вкраплены в текст главы. Кроме этого в самом тексте, наверное, имеется ряд замечаний, которые можно было бы развернуть в такие же прерывания и даже выбрать в качестве тем для самостоятельной работы. Возможно, кто-то из читателей заинтересуется литературными источниками, на которые были сделаны ссылки. Ясно, что перечень этих источников бесконечно далек от полноты.

Много важных вопросов совсем не было затронуто. Среди них анализ *моделирующей функции языка* и роли языка в мышлении. Есть ученые (в частности, видные математики), которые, внимательно анализируя собственный процесс мышления, не увидели в нем роли языка. Другие (по-видимому, к ним относился И. В. Сталин) настаивали на мышлении *только* с помощью языка. Что это значит? Либо существуют разные типы мышления (или разные типы решаемых задач?), либо язык может располагаться в таких глубоких слоях сознания, что даже рефлексия ученого не выявляет его присутствия.

Общая рекомендация читателю — обо всем размышлять самому, а не искать готовых формулировок в книгах или во всемирной паутине.

Библиографические ссылки

1. Якушин Б. В. Гипотезы о происхождении языка. М. : Наука, 1985.
2. Алексеев В. Становление человека: рубиконы триады // Знание — сила. 1983. № 6. С. 12—14.
3. Фролов Б. А. Астральные мифы и рисунки // Очерки истории естествонаучных знаний в древности / отв. ред. А. И. Шамин. М. : Наука, 1982. С. 41—58.
4. Колишанский Г. В. Паралингвистика. М. : Наука, 1974.
5. Лаптева О. А. Так ли нам знаком родной язык? // Знание — сила. 1982. № 11. С. 26—28.
6. Степанов Ю. С. Семиотика. М. : Наука, 1971.
7. Кнорринг В. Г. Об общих особенностях информационных процессов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2009. № 2 (78). С. 203—209.
8. Fichtner W. Design of VLSI systems // Embedded systems: new approaches to their formal description and design. An advanced course / eds. A. Kündig, R. E. Bühner, J. Dähler. Berlin ; Heidelberg etc. : Springer Verlag, 1987. P. 6—17.

9. *Иориш Ю. И.* К технологии научного творчества // Интеллект и творчество : сб. науч. тр. / отв. ред. А. Н. Воронин. М. : Изд-во “Институт психологии РАН”, 1999. С. 203–235.
10. *Васильев Л. М.* Современная лингвистическая семантика : учеб. пособие для вузов. М. : Высш. шк., 1990.
11. *Мельников Г. П.* Системология и языковые аспекты кибернетики. М. : Сов. радио, 1978.
12. *Лосев А. Ф.* Проблема символа и реалистическое искусство. 2-е изд. М. : Искусство, 1995.
13. *Тарский А.* Введение в логику и методологию дедуктивных наук. М. : Гос. изд-во иностр. лит-ры, 1948.
14. *Яновская С. А.* О так называемых “определениях через абстракцию” // Яновская С. А. Методологические проблемы науки. М. : Мысль, 1972. С. 34–75.
15. *Горский Д. П.* Определение. М. : Мысль, 1974.
16. *Кнорринг В. Г.* Измерения в их историческом развитии. Ч. 1. Возникновение измерений // Датчики и системы. 2008. № 1. С. 61–68.
17. *Кнорринг В. Г.* История и методология науки. Очерки истории и философских проблем измерений с древнейших времен до конца XVI века : учеб. пособие. СПб. : Нестор, 2006.
18. *Романова Г. Я.* Наименование мер длины в русском языке. М. : Наука, 1975.
19. *Кликс Ф.* Пробуждающееся мышление. У истоков человеческого интеллекта. М. : Прогресс, 1983.
20. *Березкина Э. И.* О зарождении естественнонаучных знаний в древнем Китае // Очерки истории естественнонаучных знаний в древности / отв. ред. А. Н. Шамин. М. : Наука, 1982. С. 178–196.
21. *Дьяконов И. М.* Научные представления на древнем Востоке // Очерки истории естественнонаучных знаний в древности / отв. ред. А. Н. Шамин. М. : Наука, 1982. С. 59–119.
22. *Фролов Б. А.* Применение счета в палеолите и вопрос об истоках математики // Известия Сибирского отделения АН СССР. Серия общественных наук. 1965. № 9, вып. 3. С. 97–104.
23. *Дильс Г.* Античная техника. М. : ОНТИ, ГТ-ТЛ, 1934.
24. *Файнберг Л. А.* Представление о времени в первобытном обществе // Сов. этнография. 1977. № 1. С. 128–130.
25. История первобытного общества. Общие вопросы. Проблемы антропосоциогенеза / отв. ред. Ю. В. Бромлей. М. : Наука, 1983.
26. Фрагменты ранних греческих философов. Ч. I / отв. ред. И. Д. Рожанский. М. : Наука, 1989.

27. *Тэйлор Э.* Первобытная культура. М. : Гос. соц.-экон. изд-во, 1939.
28. *Чернявский С.* Рай среди льдов // Всемирный следопыт. 2005. № 24. С. 35–41.
29. *Коростовцев М. А.* Наука древнего Египта // Очерки истории естественнонаучных знаний в древности / отв. ред. А. Н. Шамин. М. : Наука, 1982. С. 120–130.
30. *Нейгебауер О.* Точные науки в древности. 2-е изд., стереотип. М. : Едиториал УРСС, 2003.
31. *Горан В. П.* К проблеме становления категории “закон” // Научное знание: логика, понятия, структура / отв. ред. В. Н. Карпович, А. В. Бессонов. Новосибирск : Наука, 1987. С. 185–205.
32. История первобытного общества. Эпоха классообразования / отв. ред. Ю. В. Бромлей. М. : Наука, 1988.
33. *Бельская Г.* Земли вокруг моря // Знание — сила. 1984. № 5. С. 11–13.
34. *Льоцци М.* История физики. М. : Мир, 1970.
35. *Кондратов А. М.* Письмена мертвые и живые. СПб. : Авалон ; Азбука-классика, 2007.
36. *Зиндер Л. Р.* Очерк общей теории письма. Л. : Наука, 1987.

2. ОТ ДРЕВНЕЙ ГРЕЦИИ ДО РАННЕСРЕДНЕВЕКОВОЙ ЕВРОПЫ

2.1. Общая характеристика эпохи и ее деятелей

По широко распространенному мнению, только в античной Греции впервые возникло то, что мы сейчас называем наукой. В существовавших задолго до этого великих “речных” цивилизациях Египта и Вавилонии было накоплено много фактов, относящихся к движению небесных тел, построению календаря, измерению земельных участков и т. д. Были разработаны приемы различных вычислений. Но эти знания и умения, как говорят, носили “рецептурный” характер. Известно было, что звезды и планеты движутся по таким-то видимым путям, что это движение определенным образом связано со сменой сезонов, с разливами рек, с полевыми работами. Известно было, как нужно вычислять, например, количество материалов, потребных для строительства того или иного сооружения. Процветала торговля, требовавшая

и измерений, и расчетов. Не задавались только вопросы: а *почему* это так? а как это *доказать*?

Вопросы такого сорта стали задавать себе и другим только древние греки. При этом нужные им сведения они активно заимствовали у египтян, вавилонян и других соседних с ними народов. Вот как об этом пишет Ю. В. Андреев:

“Греки сумели многому научиться у своих соседей, в особенности у народов Востока. Так, у финикийцев было заимствовано алфавитное письмо, которое греки усовершенствовали, введя обозначение не только согласных, но и гласных; отсюда ведут свое происхождение и современные алфавиты, включая русский. Из Финикии или из Сирии в Грецию попал секрет изготовления стекла из песка, а также способ добычи пурпурной краски из раковин морских моллюсков. Египтяне и вавилоняне стали учителями греков в астрономии и геометрии. Египетская архитектура и монументальная скульптура оказали сильное влияние на зарождавшееся греческое искусство. У лидийцев греки переняли такое важное изобретение, как денежная чеканка” [1, с. 70—71].

Отметим в этом перечне элементы информационной сферы, включая чеканку серебряных денег — ведь смысл чеканки состоит в том, чтобы придать монете *информацию* о ее подлинности!

В этом разделе не будут подробно рассматриваться достижения этих соседних с греками народов — в частности, и в информационной сфере (хотя некоторые факты все-таки придется упомянуть). Совсем не будем затрагивать другие древние культуры, такие как крито-микенская или загадочная культура Северо-Западной Европы, создавшая во II—III тысячелетиях до нашей эры знаменитый Стоунхендж (который считают древней обсерваторией): они не оказали заметного влияния на культуру Эллады.

Культура Древней Греции после нескольких “темных веков”, последовавших за крушением крито-микенской культуры, пробудилась в VIII столетии до нашей эры. Примерно в это же время или несколько раньше Греция вступила в железный век. Принято называть VIII—VI века (до греко-персидских войн) *архаическим периодом* в истории Древней Греции.

В начале этого периода место науки еще занимают мифы и легенды. Ко второй его половине относится деятельность ряда

философов, работавших *не в материковой Греции, а на окраинах* — сначала в Ионии, на побережье Малой Азии, потом в другом конце греческого мира, в Южной Италии. С этого времени можно говорить о греческой науке — пока еще не расчлененной, существующей в рамках философии. Период времени, в течение которого творили первые греческие философы, иногда называют *ранней классикой* (заметим, что в истории искусств этот термин понимается иначе).

Методологическое прерывание 2.1.

Пример легенды, относящейся к информационной сфере

Согласно легенде, Карфаген (город на северном побережье Африки) был основан царицей Дидоной. Ей разрешили занять столько земли, сколько охватит воловьша кожа. Дидона разрешила кожу на тончайшие ремни и охватила ими участок земли, оказавшийся достаточным для строительства города.

Если подумать, о чем по сути дела эта легенда, можно прийти к выводу, что она *о методе измерения*. Не были с надлежащей полнотой оговорены измерительные операции со кожей вола, поэтому Дидона и смогла отмерить совсем не столько земли, сколько предполагалось. Сходные легенды существовали и у других народов.

Возврат из прерывания 2.1.

Ионийский город Милет дал Греции ее первого великого философа Фалеса (около 624—547 гг. до н. э.) и его преемников Анаксимандра (около 610—546 гг. до н. э.) и Анаксимена. Из Эфеса, другого города на побережье, севернее Милета, происходил великий диалектик Гераклит (около 544—480 гг. до н. э.).

Следует учесть, что даты жизни философов этого периода приходилось устанавливать по косвенным свидетельствам, зачастую противоречившим друг другу, поэтому многие из них носят ориентировочный характер.

На острове Самос, лежащем вблизи побережья Малой Азии прямо напротив Милета, родился Пифагор (около 580—500 гг. до н. э.). Уехав в зрелом возрасте в Южную Италию, он основал в Кротоне чрезвычайно своеобразную и многочисленную философскую школу-общину — Пифагорейский союз. Кротонская община была разгромлена в начале второй половины V века, но

деятельность пифагорейцев еще долго сказывалась на греческой науке.

В ионийском городе Колофоне родился — по свидетельству ряда авторов, в 50-ю Олимпиаду (между 580 и 577 гг. до н. э.) — поэт и философ Ксенофан. Утверждали, что он прожил больше 100 лет. Уже стариком он поселился в Элее, тоже в Южной Италии, и, *вероятно* (с этим соглашаются не все историки), стал родоначальником так называемой элейской философской школы.

Наиболее выдающимися элеатами были Парменид (около 515—470 гг. до н. э.) и его ученик Зенон (около 490—430 гг. до н. э.). Считают, что Зенон первым применил *логическую аргументацию* (по выражению Аристотеля, диалектику). Этого Зенона Элейского нужно отличать от жившего позже Зенона-стоика, тоже философа. Приблизительно в то же время, что и Зенон, слушал Парменида Эмпедокл из Агригента (на берегу Сицилии), но он развил самостоятельное философское учение.

С V века до нашей эры, после греко-персидских войн, Иония утрачивает свое ведущее значение и культурным центром Греции становятся Афины. В промежутке между 460 и 431 годами до нашей эры это — процветающие “Афины Перикла”. Юный Перикл учился у философа Анаксагора (около 500—428 гг. до н. э.) — уроженца Клазомен (расположенных в Малой Азии северо-западнее Эфеса), много лет прожившего в Афинах.

Афины остались культурным центром Греции и после окончания в 404 году Пелопоннесской войны, в которой победила Спарта, и даже позже, когда в 370—360-х годах до нашей эры ненадолго возвысились Фивы.

Классический период истории Греции переходит в так называемый *предэллинизм*. После недолгого расцвета мир греческих полисов вступает в эпоху кризиса, а афинская культура продолжает цвести. Посещает Афины Демокрит (около 460—370 до н. э.), родившийся в городе Абдеры во Фракии, на севере Греции, и объехавший в поисках мудрости многие страны Востока. От всех перечисленных выше философов — “досократиков” — остались только отдельные фрагменты высказываний в передаче более поздних авторов.

Не так обстоит дело с последователями Сократа (470/469—399 гг. до н. э.), тоже учившего в Афинах. Он сам ничего

не писал, его учение проявлялось в беседах, зато его ученик Платон (427–347 гг. до н. э.) оставил большое число сочинений, написанных в прекрасной литературной форме и дошедших до нас в целостном виде. После смерти (самоубийства по приговору) Сократа Платон побывал в Египте, в Южной Италии и на Сицилии. Вернувшись в 387 году до нашей эры в Афины, он основал в роще героя Академа свою школу, получившую название Академии.

В это время многие философы становятся профессиональными “учителями мудрости” — софистами. К так называемым старшим софистам относился Протагор из Абдер (около 480–410 гг. до н. э.), автор известного изречения: “Человек есть мера всех вещей”. По-видимому, софисты учили не столько науке, сколько умению защищать аргументами свою точку зрения — в мире полисной демократии это было очень важно. Но в Академии изучали именно науку. Так, Д. Я. Стройк пишет: “По меньшей мере три больших математика этого периода были связаны с Академией Платона, а именно Архит, Теэтет (умер в 369 г. до н. э.) и Евдокс (около 408–355 до н. э.)” [2, с. 61]. Отметим, что Архит из Тарента (428–348 гг. до н. э.) был еще и замечательным механиком, а Евдокс — выдающимся астрономом. Как видно, в это время специализация ученых делается более заметной.

В 367 году в Академию вступил Аристотель (384–322 гг. до н. э.), ставший величайшим из учеников Платона. Он не был гражданином Афин, поскольку его родиной был фракийский город Стагира (поэтому его называют Стагиритом), на полуострове Халкидика, недалеко от македонской столицы Пеллы.

После смерти Платона Аристотель покинул Афины. В течение нескольких лет он руководил воспитанием молодого Александра Македонского, но после начала персидского похода Александра (334 г.) вернулся в Афины и основал собственную школу вблизи храма Аполлона Ликейского. Она получила название “Ликей”, а учеников Аристотеля стали называть перипатетиками (“прогуливающимися”), так как учитель беседовал с ними во время прогулок в аллеях сада.

Аристотелю принадлежит огромное число сочинений по различным областям знаний. Часть из них, видимо, была написана с помощью учеников, которые собирали нужные Аристотелю сведения. Судьба рукописей оказалась непростой — в 323 году

Аристотель был вынужден бежать из Афин, оставив там библиотеку, а в следующем году умер. Тем не менее сложными путями через много лет рукописи Аристотеля попали в Рим, где их привели в порядок, скомпоновали и дали принятые сейчас названия (см., например, [3, с. 195–199]).

Платоновская академия не перестала существовать со смертью ее основателя. Историки науки различают ряд этапов ее деятельности: Древнюю Академию, Среднюю Академию, одним из основателей которой был скептик Аркесилай (315–241 гг. до н. э.), и Новую Академию, которую возглавил Карнеад из Кирены (214–129 гг. до н. э.). Продолжала существовать после смерти Аристотеля и перипатетическая школа, в IV веке нашей эры слившаяся с неоплатониками. Окончательно Академия в Афинах была закрыта только в 529 году нашей эры императором Юстинианом.

Походы Александра Македонского, создавшего огромную империю, открыли новый период развития греческой (и не только греческой!) культуры, называемый *эллинистическим*. Теперь культурным центром стала Александрия Египетская, основанная Александром вблизи от дельты Нила. Прилагательное *Египетская* нужно употребить по крайней мере при первом упоминании, чтобы отличить ее от других Александрий, тоже основанных великим полководцем в разных местах империи. В Египте воцарилась династия Птолемеев, основанная сатрапом Александра Птолемеем I, провозгласившим себя в 305 году до нашей эры царем.

В Александрии при дворе Птолемеев было создано уникальное научное учреждение — Мусейон (храм муз). Всем известный математик Евклид работал в Александрии при Птолемеи I и возглавлял Мусейон [4, с. 36]. И. С. Свенцицкая пишет: “Ученые жили в Мусейоне, проводили там научные исследования (при Мусейоне находились зоологический и ботанический сады, обсерватория)” [5, с. 357].

В Александрии была создана также великолепная библиотека. В течение долгого времени (234–196 гг. до н. э.) ее возглавлял великий географ Эратосфен из Кирены [6, с. 252].

Заметим: Кирена, которую пришлось упомянуть уже второй раз — это греческая колония в Северной Африке. Киренаика была присоединена к Египту Птолемеи I [5, с. 304].

Архимед, считающийся *одним из трех величайших ученых всех времен*, жил и работал главным образом в Сиракузах, на острове Сицилии, но некоторое время учился в Александрии, а впоследствии переписывался с ее учеными. Как известно, он погиб при завоевании римлянами Сиракуз в 212 году до нашей эры.

Марио Льюцци, историк физики, утверждает: “Современником Архимеда, быть может, несколько старшим его по возрасту, был Ктесибий, основатель знаменитой александрийской школы механики” [7, с. 16]. Его учеником называют Филона Византийского, написавшего около 250 года до нашей эры трактат “Механика”. Этого Филона не нужно путать с Филоном Александрийским, толкователем Библии, жившим в I веке до нашей эры.

По-видимому, в Александрии (а также в Пергаме, в Малой Азии) учил, по выражению Д. Я. Стройка, и “третий великий математик эллинизма” — Аполлоний из Перги (около 260—170 гг. до н. э.). Очевидно, первым великим нужно считать Евклида, а вторым (не по значимости, а по порядку) Архимеда. Аполлоний знаменит капитальным трудом по коническим сечениям. По мнению Б. Л. ван дер Вардена, “после Аполлония греческая геометрия сразу кончается”.

К этой же эпохе эллинизма относится деятельность великих астрономов — Аристарха Самосского (около 310—230 гг. до н. э.) и жившего позже Гиппарха из Никеи. Гиппарх родился около 185 года до нашей эры, работал главным образом на острове Родос и, по Стройку, “вел наблюдения между 161 и 126 годами до н. э.” [2, с. 74]. Заметим, что Аристарха называют пифагорейцем, хотя он работал спустя 200 лет после смерти Пифагора!

Говоря о периодизации греческой истории, интересно привести данные из обширного лекционного курса С. Я. Лурье [8]. Он датирует периоды *с точностью до года*: архаическая эпоха 750—480 годов до нашей эры, эпоха расцвета 480—338 годов до нашей эры, эллинизм 338—146 годов. Последняя дата понятна: действительно, в 146 году до нашей эры римлянами был окончательно уничтожен бывший соперник Карфаген и в это же время ими была завоевана Греция.

Примерно через 100 лет, в 48 году до нашей эры, во время “александрийской войны” Юлия Цезаря (ему нужно было посадить на египетский престол Клеопатру), пожар уничтожил часть александ-

дрийской библиотеки. А летом 30 года до нашей эры в Александрию вступил Октавиан — будущий император Август, и Египет стал римской провинцией. Началась эпоха Римской империи.

Римские ученые этого времени внесли мало существенно-го в интересующую нас информационную область. Исключением, пожалуй, можно считать поэму римлянина Лукреция Кара “О природе вещей” (I в. до н. э.). В ней излагается стройная система взглядов, основанная на атомистическом учении греческого философа Эпикура (341—270 гг. до н. э.). Не будучи, таким образом, оригинальным философским трудом, поэма написана так хорошо, что ее чтение и сейчас может доставить большое удовольствие.

В течение нескольких веков после образования Римской империи — в сущности, до арабских завоеваний VII века — еще можно говорить об остатках эллинистической культуры. Газета “Санкт-Петербургские ведомости” от 3 июня 2004 года сообщала: “Польские археологи раскопали 13 лекционных залов, оставшихся от самого старого в мире университета — Александрийского, работавшего в V—VII веках... [т. е. до самого прихода арабов?]. Аудитории на 5 тысяч студентов были обнаружены неподалеку от портика римского театра в восточной части древнего города”.

Однако полтора столетия после II века до нашей эры все же были в различных областях науки, как пишет И. Д. Рожанский, “темным” периодом.

Новые имена крупных греческих ученых появляются не раньше I века нашей эры. Это Герон Александрийский, *предположительно* (точное время его жизни неизвестно) работавший в I веке, — он оставил заметный след в математике и прикладной механике. К концу этого же века относится деятельность Менелая Александрийского, астронома и математика. Во II веке работал великий астроном Клавдий Птолемей (умер около 170 г.). Далее видим своеобразного математика Диофанта (середина III в.), а в конце этого же века — александрийского математика и механика Паппа.

Античная культура постепенно угасала. Это было связано не только с общим кризисом Римской империи III века [9], разделом ее на Западную и Восточную в 395 году, набегами “варваров”,

грабивших Рим в 410 и 455 годах, и, наконец, низложением последнего римского императора Ромула Августула в 476 году. Многие научно-образовательные школы Средиземноморья пали жертвами борьбы молодого и агрессивного христианства с ересями и античным “язычеством”.

В одно и то же время жили Аврелий Августин (354–430), прозванный Блаженным епископ в Гиппоне (или Иппоне) — городе, расположенном на побережье Северной Африки, примерно напротив Сардинии, — и выдающаяся деятельница александрийской научной школы Ипатия (370–415). Эта удивительная женщина, занимавшаяся математикой, астрономией и философией, была зверски убита (растерзана) фанатиками-христианами. Одним из ее учеников был общественный деятель и философ Синезий (около 375–413), находившийся в Александрии в 393–395 годы; в конце жизни он был избран епископом Птолемаиды в Киренаике.

К годам жизни Ипатии и Синезия почти примыкают годы жизни Прокла (410–485), последнего крупного неоплатоника. Он возглавлял философскую школу в Афинах.

Александрийская библиотека, уже испытывавшая пожар при Юлии Цезаре, еще раз пострадала в 273 году при подавлении народного восстания, а в 392 году толпа христиан разгромила храм Сераписа, где помещалась одна из двух частей библиотеки. В 489 году была закрыта “еретическая” школа сирийских христиан в Эдессе, где изучалась античная философия и медицина. В 529 году император Юстиниан, как уже было сказано, закрыл Академию в Афинах. Так постепенно разрушался “генетический аппарат” античной науки.

Для нас представляют определенный интерес комментаторы Аристотеля — работавший в Александрии в конце V — начале VI века Иоанн Филопон (в переводе — Трудолюб), он же Иоанн Грамматик, и философ-неоплатоник Симпликий (около 490–560) — он учился в Александрии, а затем преподавал в Афинах. Иоанна Филопона (Грамматика) не нужно смешивать с другим Иоанном Грамматиком — патриархом Константинополя, жившим в конце VIII и начале IX века нашей эры.

Считается, что окончательно александрийская научная школа перестала существовать в 642 году, когда арабы захватили Египет и двинулись дальше на запад по африканскому побережью. Это

движение закончилось только в Испании, которая была почти полностью завоевана арабами.

Из ученых, работавших в Риме уже при господстве варваров, следует упомянуть Аниция Манлия Северина Боэция (480–524) — одного из последних римских философов, переводчика, комментатора, автора учебных пособий, использовавшихся в течение нескольких веков. Он работал при дворе остготского короля Теодориха, правившего в то время Северной Италией, но в конце концов был этим королем обвинен в антигосударственной деятельности и казнен.

Фигурой несколько меньшего масштаба, тоже связанной с королем Теодорихом, был “последний римлянин” — Флавий Магн Аврелий Кассиодор (около 490–575). После нападения на Рим войск Юстиниана Кассиодор создал в Южной Италии монастырь, в котором провел последние 25 лет жизни.

В последующие века уровень европейской науки сильно снижается. Специалисты по средневековой науке Виолетта Павловна Гайденко (имя и отчество даем полностью, поскольку существует другой историк науки — Пиама Павловна Гайденко) и Георгий Александрович Смирнов [10] в качестве примеров оригинальных работ невысокого научного уровня приводят сочинения Исидора Севильского (VII в.), Бэды Достопочтенного (VIII в.) и Рабана Мавра (IX в.).

Отметим, что Бэда (673–735) был одним из виднейших ученых Европы того времени. Он жил в Англии, где остатки античной культуры не были уничтожены вторжением варваров. Ему принадлежат работы “О временах” (703 г.) и “О счете времени” (725 г.), в которых рассматривались проблемы ведения календарей; им описаны астролябия и солнечные часы. Учеником его ученика Экберта был знаменитый Алкуин (около 735–804), выходец из Йорка, преподававший при дворе Карла Великого.

В арабском мире уже тогда проявился интерес к образованию — в 755 году в завоеванной арабами испанской Кордове было создано учебное заведение типа университета; еще через 40 лет подобный же университет появился в Багдаде.

Всего на несколько десятков лет моложе Алкуина был великий математик средневекового Востока Абу Джафар Мухаммед ибн Муса аль-Хорезми (около 783–850). От его прозвища

аль-Хорезми — “хорезмиец”, искаженного западными комментаторами, произошло ставшее международным слово *алгоритм*, а от названия одного из его трудов — слово *алгебра*. Но полный расцвет арабской научной культуры наступил позже.

Таким образом, целесообразно ограничить хронологические рамки всей этой главы VI веком нашей эры, а следующую главу начать, вскользь коснувшись VIII–X веков, по существу прямо с XI века.

В заключение напомним: аналогично предыдущей главе здесь уже использовались и далее будут использоваться без кавычек и ссылок куски текста из статей [11, 12] и учебного пособия [13].

2.2. Состояние информационной сферы

Рассмотрим общие вопросы, не требующие точного датирования или привязки к конкретным деятелям. Конкретные сведения, основанные на такой привязке, приведем в последующих разделах, а здесь дадим обзор основных составляющих информационной сферы в рассматриваемую эпоху.

Письмо, как было сказано ранее, стало алфавитным уже в архаическом периоде развития Древней Греции. Основным материалом, на котором писались важные документы, был папирус, изготовлявшийся в Египте из стеблей тростника, называвшегося тоже папирусом. Короткие записи делали тушью на черепках (остраках).

Для черновых записей использовали дощечки, покрытые воском, на которых писали заостренной палочкой, по-гречески — стилосом. Другой конец стилоса был закруглен, им можно было стирать (выглаживать) написанное. Согласно преданию о гибели Архимеда, он в последние минуты жизни рассматривал чертежи, сделанные *на песке*, но не на том песке, который под ногами, а на слое песка, специально нанесенном на стол.

В более древней цивилизации Двуречья основным материалом для письма были глиняные таблички. “На рубеже IV и III тысячелетий до н. э. совершается переход от рисуночных иероглифов к более скорописной клинообразной графике; быстрое нанесение знаков на мягкую глину обусловило формы начертаний в клинописи шумеров” [14, с. 374–375].

Обожженная глина оказалась одним из самых стойких (после камня) материалов для письма. Но и некоторые папирусы сумели пережить тысячелетия. Так, М. А. Коростовцев [15, с. 122] описывает египетские математические папирусы, относящиеся к XVII веку до нашей эры и сохранившиеся до наших дней. В книге А. В. Антонова упоминается папирус, имеющий возраст 6000 лет, начинающийся словами: “К несчастью, мир сейчас не таков, каким был раньше. Всякий хочет писать книги...” [16, с. 8].

Заметим: как в Шумере, так и в Египте изменения в технике письма и в начертаниях знаков были связаны со стремлением ускорить процесс письма. Ради этого жертвовали удивительной красотой рисуночных иероглифов.

Уже в древности начали создаваться *библиотеки*. А. М. Кондратов пишет: «Целое богатство книг из глины обнаружилось при раскопках дворца Ашшурбанипала, ассирийского царя; именно здесь был найден текст древнейшего в мире литературного произведения — “Эпоса о Гильгамеше”» [17, с. 142–143].

Александрийская библиотека во время наивысшего расцвета, в I веке до нашей эры, насчитывала до 700 000 папирусных свитков. Если на каком-либо корабле, заходившем в Александрию, находились рукописи, их должны были либо продать библиотеке, либо отдать для копирования.

С Александрийской библиотекой соперничала библиотека в малоазиатском Пергаме, основанная во II веке до нашей эры царем Евменом II.

Считается, что новый материал для письма — пергамент (или пергамен), т. е. особым образом выделанная кожа, — был изобретен в Пергаме вследствие монополии Египта на папирус. На листах пергамента можно было писать с двух сторон, их можно было сшивать в книги, пользоваться которыми было удобнее, чем свитками папируса.

В эпоху средневековья вследствие дороговизны пергамента написанные на нем древние тексты зачастую выскабливали или смывали, чтобы написать новые. На одном из таких пергаментов, найденном в 1906 году в Константинополе, видному датскому филологу И. Л. Гейбергу удалось обнаружить под рукописью XIII века и восстановить смытый более ранний текст.

Оказалось, что на пергаменте были написаны не только отрывки из нескольких ранее известных сочинений Архимеда, но и текст его послания Эратосфену, считавшийся утерянным. Это сочинение Архимеда обычно кратко называют “Метод”, или, по последнему слову заглавия, “Эфодикон” (короче, “Эфод”).

Античный мир знал некоторые простые способы *шифрования* сообщений. Приведем в сокращении и с минимальными комментариями три цитаты из книги В. И. Нечаева [18], где описаны эти способы:

“...Еще в V–IV вв. до н. э. греки применяли специальное шифрующее устройство... из двух палок одинаковой длины и толщины... Эти палки называли *скиталами*. Когда правителям нужно было сообщить какую-нибудь важную тайну, они вырезали длинную и узкую, вроде ремня, полосу папируса, наматывали ее на свою скиталу, не оставляя на ней никакого промежутка... Затем, оставляя папирус на скитале... писали на нем все, что нужно, а написав, снимали полосу и без палки отправляли адресату. Так как буквы на ней разбросаны в беспорядке, прочитать написанное он мог, только взяв свою скиталу и намотав на нее без пропусков эту полосу.

Аристотелю принадлежит способ дешифрирования этого шифра [с помощью конической палки]”.

Выходит, что величайший философ древнего мира занимался тем, что сейчас называют криптоанализом!

«В древней Греции (II в до н. э.) был известен шифр, называемый “*квадрат Полибия*”. Это устройство представляло собой квадрат 5×5 , столбцы и строки которого нумеровали цифрами от 1 до 5. В каждую клетку этого квадрата записывалась одна буква... В результате каждой букве отвечала пара чисел».

Видно, что здесь мы имеем дело с простейшим подстановочным шифром, а сам квадрат Полибия был только средством запоминания подстановки (нечто подобное практиковалось в тюрьмах царской России заключенными, которые переговаривались с помощью постукиваний).

“Ю. Цезарь во время войны с галлами, переписываясь со своими друзьями в Риме, заменял в сообщении первую букву латинского алфавита (А) на четвертую (D), вторую (В) на пятую (Е), наконец, последнюю — на третью”.

Это тоже простой подстановочный шифр. Очевидно, для древнего мира таких простейших способов защиты информации было достаточно.

Счет необходимо кратко рассмотреть, хотя история математики (как и история физики), вообще говоря, не является предметом данной работы: ведь, с одной стороны, по истории математики (как и физики) имеется обширная литература, а с другой стороны, внутриматематические проблемы сложны и во многом выходят за рамки информационной сферы. Однако для нас, безусловно, должны представлять интерес, во-первых, способы *изображения чисел* и, во-вторых, способы практического *выполнения вычислений*. Эти вопросы хорошо изложены Б. Л. ван дер Варденом в его книге [19]. Приведем несколько иллюстраций, заимствованных из нее.

Египтяне для изображения целых чисел использовали непозиционную единично-десятичную систему (см. рис. 1.2). Дроби они знали только двух видов: $1/n$ и $(n - 1)/n$, что делало вычисления с дробными величинами общего вида очень непростым делом — их приходилось представлять в виде сумм дробей, известных египтянам.

Преимущественно использовались дроби вида $1/n$, для обозначения которых над целым числом n ставился знак со значением “часть” (рис. 2.1; здесь знак “часть” стоит над изображением числа 12).

Согласно Д. Я. Стройку, разложение произвольных дробей на суммы “основных” — вида $1/n$ — “применялось в течение тысячелетий, не только в эпоху эллинизма, но и в средние века” [2, с. 38].

Интересен египетский способ умножения, основанный по существу на представлении множителя в *двоичной системе счисления*.

Сущность этого способа легко понять из примера (рис. 2.2). Здесь два числа — единицу и множимое — последовательно удваивают, как показано в наших обозначениях в двух колонках правой части рис. 2.2. Из двоичных кратных единицы выбирают и отмечают косой чертой те, которые в сумме составляют множитель. В данном примере это 4 и 8. Соответственно

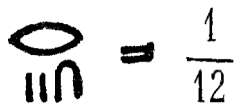


Рис. 2.1. Обозначение дроби в Египте

ных чисел, которые представлялись в ней аналогично нашим теперешним десятичным дробям — каждый дробный разряд “весил” в 60 раз меньше соседнего слева. Отметим: в Европе десятичные дроби начали применяться только в XVII веке и их распространение было очень медленным!

Вавилонская десятично-шестидесятеричная система сохранилась до наших дней в области измерений времени, где час делится на 60 минут, а минута — на 60 секунд (но используются только 10 цифр), а также в области угловых измерений, где единицы имеют те же латинские названия: минута значит *малая*, а секунда — *вторая*. Однако деление суток на 24 часа, по-видимому, происходит от египетской десятичной системы: светлое и темное время суток египтяне делили на 10 часов и еще по 2 часа добавляли на сумерки.

Собственная греческая система изображения чисел не была позиционной. В более старом варианте она несколько напоминала римскую систему с ее знаками I, V, X, L, C, D, M для чисел 1, 5, 10, 50, 100, 500, 1000 (рис. 2.4, а). В конце VIII века до нашей эры вошла в употребление милетская система нумерации (см., например, примечания Г. Н. Попова в книге [20]). Цифры в ней обозначались строчными буквами, причем использовались различные буквы для цифр единиц, десятков и сотен (рис. 2.4, б). Букв существовавшего тогда греческого алфавита для этого было недостаточно. Три архаические буквы, представленные на рис. 2.4, изображены согласно Б. Л. ван дер Вардену; для Г. Н. Попова “вау” и “коппа” — обычные буквы, а букву, обозначающую 900, он называет “пале”.

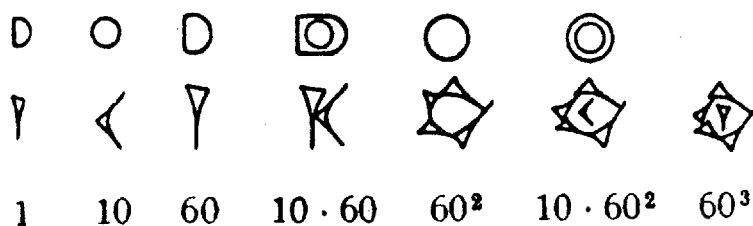


Рис. 2.3. Обозначения чисел в Древнем Шумере:
верхний ряд — знаки древнейшего периода (до 3000 г. до н. э.);
нижний ряд — знаки позднего периода (около 2000 г. до н. э.)

а)		Ι	Γ	Δ	Ϝ	Η	Ϟ	Χ	Ϛ	Μ	Ϟ	
		1	5	10	50	100	500	1000	5000	10 ⁴	5 · 10 ⁴	

б)	1 – 9	α, β, γ, δ, ε, ς, ζ, η, θ	(θ = ς = Bay)
	10 – 90	ι, κ, λ, μ, ν, ξ, ο, π, ς	(90 = ς = Коппа)
	100 – 900	ρ, σ, τ, υ, φ, χ, ψ, ω, ϗ	(900 = ϗ = Сампи)
	1000 – 9000	α, β и т. д. (со штрихом слева внизу)	

Рис. 2.4. Греческие обозначения чисел:

- а – более старая система (буквы Γ, Δ, Η, Χ, Μ – начальные буквы слов, обозначающих соответственно числа 5, 10, 100, 1000, 10 000);
 б – более поздняя буквенная система

Эта, казалось бы, неудобная буквенная система применялась греческими купцами даже при сложных расчетах очень длительное время – вплоть до гибели Византии в 1453 году [2, с. 82].

Каким-то образом использование непозиционной буквенной системы для записи чисел уживалось с практикой прикладных вычислений на абаке (счетной доске), где для камешков или иных представителей единиц каждого десятичного разряда отводилась отдельная колонка. Казалось бы, абак должен был прямо привести к позиционной системе. Но греки вообще не придерживались единой системы в вычислениях. В частности, при операциях с дробями «они пользовались египетскими “основными” дробями, вавилонскими шестидесятиричными дробями (при астрономических расчетах в эллинистическую эпоху) и записью дробей, напоминающей нашу» [Там же].

Возможно, такая неразборчивость была связана с тем, что греки невысоко ценили искусство практических вычислений, называя его логистикой.

Измерения в обыденной жизни, в торговле и в зачаточных научных наблюдениях применялись в средиземноморском регионе задолго до начала рассматриваемой эпохи. Грекам архаического периода были уже хорошо известны важнейшие для того времени

величины: длина, площадь, объем, вес, плоский угол, длительность интервала времени — *и только*. По сложившейся намного позже классификации все эти величины можно отнести к классу *экстенсивных*. Такие величины обладают наглядной физической аддитивностью и поэтому поддаются так называемому *фундаментальному измерению*.

Греки считали (и, в общем, правильно), что сравниваться могут только однородные величины. Поэтому для них была *неприемлемой* мысль о делении, например, пути на время для нахождения скорости. Они понимали, что некоторые тела движутся быстрее, а другие медленнее, но рассуждали примерно так: одно тело движется быстрее другого, если оно либо один и тот же путь проходит за меньшее время, либо за одно и то же время проходит больший путь. Поэтому того, что в современной теории называется *производным измерением*, у них не могло быть.

Методологическое прерывание 2.2.

Что представляют собой обозначения величин в формулах?

Говорит ли отказ греков от деления друг на друга разнородных величин о неразвитости их мышления?

Обратимся к деятелю, которого никак нельзя обвинить в неразвитости мышления, — к Леонарду Эйлеру. В “Теории движения твердых тел”, опубликованной в 1765 году, написав выражение для скорости $v = s/t$ и добавив также несколько других вытекающих из него формул, он счел нужным дать *пояснение*:

“Здесь может, пожалуй, возникнуть сомнение по поводу того, каким образом можно делить путь на время, так как ведь это — величины разнородные, и, следовательно, невозможно указать, сколько раз промежутков времени, например, в 10 минут, содержится в пути длиной, например, 10 футов. Но ведь в данном случае речь идет не об абсолютном делении, а лишь о сравнительном... В самом деле, под скоростью понимают только величину относительную: если скорость какого-либо определенного равномерного движения мы будем считать известной и примем ее за единицу, то у всякого другого равномерного движения скорость выразится некоторым числом...” [21, с. 287–288].

Не удовлетворяясь этим *почти* правильным (что такое “сравнительное деление”, не раскрыто) рассуждением, Л. Эйлер дает еще одно *пояснение*:

“Но указанное выше затруднение исчезает также и в том случае, если мы сведем все к отвлеченным числам. В самом деле, если для измерения путей мы изберем определенную длину в качестве единицы и точно так же для времен изберем в качестве единицы определенный промежуток времени... то все пути и времена выразятся в отвлеченных числах и тогда для деления первых на вторые не будет никаких препятствий”.

Нелогичность и неудобство этого второго предложения (которое почему-то нравится многим историкам науки) можно видеть, попытавшись применить его, например, к следующему отрывку более раннего сочинения того же Эйлера — “Механики” (1736 г.):

“Если скорость такова, что тело, движущееся с нею, проходит в секунду путь три фута, — эту скорость мы выражаем числом 3, — то мы будем в состоянии найти время, в которое будут при этом же движении пройдены, положим, 60 футов” [21, с. 53].

Можно с уверенностью сказать, что Галилей, если бы он писал этот текст, выразился бы иначе, например: “Эту скорость мы обозначим как три *градуса*”. Эйлер же хочет, чтобы скорость была отвлеченным числом. Вместе с тем у него не поднимается рука сделать то же с 3 и 60 футами — заменить их отвлеченными числами 3 и 60. Кстати, Эйлер мыслил “рейнскими футами”, отличающимися от парижских. Но вряд ли следует придавать слишком большое значение непоследовательностям Эйлера — главное в том, что он заметил трудности и попытался обойти их.

Отмеченные Эйлером затруднения нельзя считать преодоленными и в наше время. Выдающийся отечественный метролог Константин Павлович Широков в 1977 году писал:

“Общепринято изображать физические величины буквенными символами и использовать их в физических уравнениях. Однако по вопросу о том, как интерпретировать уравнения и входящие в них символы, единого мнения нет. Многие авторы считают, что символы в уравнениях не могут означать ничего иного, кроме числовых значений величин, так как нельзя представить себе, как можно множить или делить друг на друга разноименные величины...

При такой трактовке физические уравнения отождествляются с соотношениями между чисто математическими величинами, т. е. между отвлеченными числами. Между тем, физические величины, кроме количественной, обладают и качественной стороной, и физические уравнения отражают связи не только между количествами, но и между качествами...” [22].

У самых великих ученых прошлого можно найти высказывания, соответствующие как чисто количественному, так и качественному подходу к величинам. Пример первого — слова Христиана Гюйгенса:

“Если говорят, что надо веса помножить на прямые линии, то это означает, что перемножаются числа или отрезки прямых, которые выражают величину весов или их отношение друг к другу” [23, с. 122].

Здесь идея перемножения *отрезков*, очевидно, восходит к исчислению отрезков, разработанному еще в Древней Греции, а слово “отношение” намекает на ту *относительность величин*, о которой говорил Эйлер.

Второй, противоположный пример: Исаак Ньютон, введя в начальном разделе знаменитых “Математических начал натуральной философии” понятие *ускорительной силы* (в нашей терминологии это напряженность поля), сформулировал замечательную пропорцию между *величинами как таковыми*, а отнюдь не между их числовыми значениями:

“...Ускорительная сила так относится к движущей, как скорость к количеству движения”.

Здесь мы касаемся трудного и дискуссионного вопроса о том, что вообще представляют собой физические величины. Диапазон мнений по этому вопросу очень широк, поэтому к нему придется еще не раз возвращаться — в рамках этого прерывания его невозможно обсудить, и пока мы оставляем его открытым.

По крайней мере, греки проявили вполне оправданную осторожность, отказавшись от деления друг на друга неоднородных величин.

Возврат из прерывания 2.2.

Здесь не место описывать те меры длины, веса, вместимости и т. д., которые использовались в древнем мире; ими занимается хорошо развитая история метрологии. Не будем рассматривать

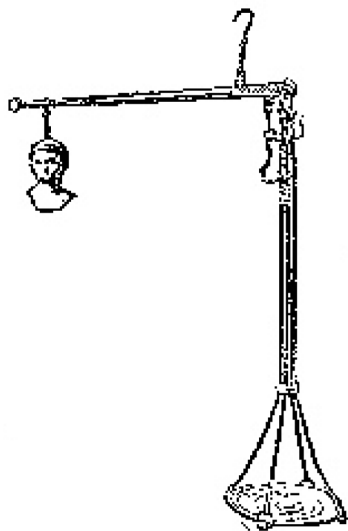


Рис. 2.5. Римский безмен

также древние календари — им посвящена обширная литература (например, книга [24]). Но несколько слов о *средствах измерений* сказать нужно. Древний мир знал линейки с делениями, соответствующими различным принятым единицам (зачастую на одну линейку — “локоть” — наносилось несколько различных систем делений), угольники и циркули, весы с гирями и безмены (рис. 2.5), а также солнечные и водяные часы.

Измерение времени нужно рассмотреть более подробно. Во-первых, это была сравнительно развитая область, причем такая, которая требовала вмешательства математических методов — считается, что знаменитая

задача *трисекции угла* возникла при градуировке солнечных часов. Во-вторых, высказывалось мнение о том, что греки, делившие на часы отдельно день и ночь, так что длительности дневного и ночного часа изменялись в течение года, не могли “постичь единицу измерения времени”. Эти последние слова принадлежат известному историку науки, еще до революции эмигрировавшему из России, Александру Койре [25], который вообще любил выражаться резко и иронично. Но с ним нельзя согласиться по меньшей мере по двум причинам: во-первых, греческие астрономы эллинистического периода прекрасно пользовались в теоретических работах “равноденственными часами”, не менявшими длительность, во-вторых, в Греции были широко распространены водяные часы — клепсидры (в переводе — “воровки воды”).

Клепсидрами отмеряли одинаковые промежутки времени, например, при судебных тяжбах, когда важно было дать состязующимся сторонам одинаковое время для выступлений. Греческие врачи использовали портативные клепсидры для сравнительных измерений частоты пульса у пациентов. Для определения времени дня были *удобнее* часы переменной длительности, согласующиеся с сезонными изменениями светлого и темного периодов суток.

Известный историк и авторитетнейший филолог Герман Дильс говорит об этом так:

“Древние с их длинными летними и короткими зимними дневными часами без труда приспособлялись к изменениям, происходящим в природе. Мы с нашими неизменными равноденственными часами насилуем природу, что опять-таки приводит к неудобствам” [26, с. 142].

Слабой попыткой компромисса между непостоянством светлого времени суток и равномерной шкалой времени является наше “летнее время”.

Солнечные часы были известны в Египте с глубокой древности, причем сначала время определяли по *длине* тени, а не по ее направлению (впрочем, и впоследствии, пока не был изобретен компас, в переносных солнечных часах можно было пользоваться только длиной тени). Позже в Египте появились и водяные часы. Считается, что деление дня и ночи на 12 часов также возникло в Египте [27, с. 92–93].

Отметим, что автор монографии [27] Отто Нейгебауер является крупнейшим специалистом по истории науки, в особенности вавилонской астрономии, причем эта его монография рассчитана на более подготовленного читателя, чем книга другого крупного специалиста — Б. Л. ван дер Вардена [19].

По утверждению Геродота, “пóлос, гномон и двенадцать частей дня эллины узнали от вавилонян” [28, с. 116]. Полос — это солнечные часы с вогнутым полусферическим отсчетным устройством (рис. 2.6); гномон — стержень или пластина, отбрасывавшая тень в солнечных часах. Гномоном называли также угольник Г-образной формы и похожую на него геометрическую фигуру (например, говорили, что квадрат размером 5×5 получается из квадрата размером 4×4 *добавлением гномона*).



Рис. 2.6. Полусферическое отсчетное устройство солнечных часов [29]



Рис. 2.7. Солнечные часы
типа “пелекинон” [29]

Из фактов, подробно изложенных В. Н. Пипуныровым [29], можно сделать вывод, что с течением времени устройство солнечных часов постепенно упрощалось: от вогнутого отсчетного устройства полусферической формы (“пóлоса”) греки перешли к коническому, а затем и к плоскому отсчетному устройству. Но это потребовало более тонких расчетов и усложнения разметки отсчетного устройства, которое долж-

но было годиться для длительности дня, изменяющейся в течение года. Плоские часы с гиперболическими линиями солнцестояний (рис. 2.7) получили название “пелекинон” [26, с. 157].

Показателем резкого снижения культурного уровня после падения Рима может служить отношение к водяным часам. Если в античном мире врачи могли носить с собой клепсидры для проверки частоты пульса больных, то в Италии VI–VII веков водяные часы были предметом роскоши. Их изготавливали по специальным заказам, дарили владыкам [29, с. 64–65].

В Галлии культура измерения времени стояла еще ниже, чем в Италии. Епископ Григорий Турский (около 540–594) рекомендовал монахам определять время для ночных молитв по звездам и подробно описывал соответствующие процедуры, *совсем не упоминая о существовании водяных часов*.

В течение нескольких столетий достаточно надежным способом измерения времени были *свечи*, имевшие определенную длину или даже градуированные. Они могли применяться как ночью, так и в дневное время. Свечами с продолжительностью горения 4 часа пользовался английский король Альфред Великий (849–899); с помощью свечей длиной около 3 футов отмерял время чтения Библии французский король Людовик IX (1215–1270). Градуированные свечи использовал для установления распорядка дня

французский король Карл V (1338–1380) [29, с. 138–139], хотя в это время в Европе уже существовали даже механические часы.

Из сказанного можно сделать вывод, что арсенал средств измерений, применявшихся в обыденной практике людей древнего мира и раннего средневековья, был небогатым. Правда, он и рассмотрен нами был не полностью: очевидно, свои специфические средства применялись землемерами (особенно в Египте с его ежегодными наводнениями), строителями и т. д.

Методологическое прерывание 2.3.

Распространение измерительных понятий на другие области

Нельзя сказать, чтобы измерения занимали большое место в жизни греков. Тем не менее некоторые измерительные понятия, будучи первоначально частными и бытовыми, быстро приобрели у них (а потом и у нас) чрезвычайно абстрактный и общий характер.

Одним из таких понятий является удивительная категория *меры*.

А. Ф. Лосев и В. П. Шестаков, изучавшие историю эстетических категорий, начинают свое исследование именно с меры: “У Гомера это слово еще означало единицу измерения; это — сажень, мера муки или же длина пути, место стоянки кораблей” [30, с. 14].

Сходное значение находим в “Трудах и днях” Гесиода:

Точно отмерив, бери у соседа взаймы. Отдавая,

Меряй такую же мерой, а можешь — так даже и больше... [31, с. 155].

Эта “такая же мера”, скорее всего, просто некоторый сосуд, которым отмерялась порция зерна или оливкового масла. Автор пособия не знает, были ли во времена Гесиода в ходу стандартные меры вместимости, доступные для расчетов между соседями. Может быть, слова “такою же мерой” как раз и являются намеком на возможное разнообразие мерных сосудов?

Заметим, что гесиодовский принцип “мера за меру” с большой художественной силой воспроизведен в Евангелии от Луки (6, 38), где место соседа-должника занимает божественная справедливость:

“Давайте, и дастся вам: мерою доброю, утрясенною, нагнетенною и переполненною отсыплют вам в лоно ваше [т. е. в подол!]; ибо, какую мерою мерите, такою же отмерится и вам”.

В этом тексте нарочито подчеркнутое бытовое окружение слова “мера” (вплоть до отсыпания чего-то в подол) неожиданно сменяется афористической концовкой, в которой то же слово *мера* приобретает обобщенный, даже в какой-то степени абстрактный смысл.

Однако уже Гесиод знает и другие значения того же слова: “Меру во всем соблюдай...” или: “Меру в словах соблюдешь и всякому будешь приятен” [30, с. 14–15]. Здесь имеется в виду качество, которое можно приблизительно передать словом “умеренность” (в нашем языке – однокоренным с “мерой”!).

Среди “изречений семи мудрецов” [28, с. 92–93] бросаются в глаза – они стоят первыми в перечнях! – высказывания Питтака с Лесбоса: “Знай меру” и Клеобула из Линда: “Мера лучше всего” (следом за этими словами, видимо как менее важное, стоит: “Отца надо уважать”).

Гераклит Эфесский словом “мера” обозначает закон, закономерность (опять однокоренное слово!): “Солнце не преступит мер”.

Особенно ярко это значение выступает в его знаменитом изречении:

“Этот космос, один и тот же для всех, не создал никто из богов, никто из людей, но он всегда был, есть и будет вечно живой огонь, мерами возгорающийся, мерами угасающий” [28, с. 217].

Авторы книги [30] проследили эволюцию понятий, связанных со словом “мера”, через все средневековые и Новое время вплоть до Г. В. Ф. Гегеля и К. Маркса. Мы не будем дублировать их изложение, но рассмотрим со своих позиций некоторые моменты этой эволюции.

Выше, в разд. 2.1, упоминался Протагор с его изречением: “Человек есть мера всех вещей...” Это можно было бы понять как мысль о том, что человек задает масштаб всем окружающим вещам: они представляются малыми или большими не сами по себе, а по отношению к человеку. Но ведь изречение Протагора продолжается дальше несколько загадочным образом: “...существующих в том, что они существуют, и несуществующих в том, что они не существуют”. Что это значит?

Аристотель в шестой главе 11-й книги “Метафизики” отвечает: “Он [Протагор] утверждал, что человек есть мера всех вещей, имея в виду лишь следующее: что каждому кажется, то и достоверно” [32, с. 281].

Сам Аристотель довольно много написал о мере в первой главе 10-й книги “Метафизики”, где рассматривается *единое*. Приведем несколько разрозненных высказываний из этой главы.

“...Мерой называется то первое, чем каждая вещь познается, и для каждого мерой служит единое — в длине, в ширине, в глубине, в тяжести, в скорости”.

“...Быть единым... это значит быть целым и неделимым, а скорее всего быть первой мерой для каждого рода, главным образом для количества...”

“...Единое есть начало числа как такового. Отсюда и во всех остальных областях мерой называется то первое, чем каждая вещь познается...”

“Мера всегда однородна с измеряемым: для величин мера — величина и в отдельности для длины — некоторая длина, для ширины — ширина, для звука — звук, для тяжести — тяжесть, для единиц — единица...”

“Итак, ясно, что единое в существе своем, если точно указывать значение слова, есть прежде всего некоторая мера, главным образом для количества, затем для качества. А мерой оно будет, если оно неделимо — в одном случае по количеству, в другом — по качеству; поэтому единое неделимо или вообще, или поскольку оно единое” [32, с. 253–255].

Как видно, понятие *меры* у Аристотеля имеет одновременно философский и измерительный характер, причем он готов измерять не только количества (включая числа!), но и качества, хотя и не очень понятно, каким образом. Следует отметить упоминание о сравнении звуков — по-видимому, речь идет о численном сравнении по высоте двух звуков, образующих музыкальный интервал, чем любили (и умели!) заниматься пифагорейцы.

Целиком пропуская средние века, перейдем к Новому времени. Здесь востребованным оказалось значение меры как количественной оценки некоторого свойства объектов. Яркие примеры можно найти у И. Ньютона [33] (отметим в этих его формулировках перемножение и неявное деление величин):

“Количество материи есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее”.

“Количество движения есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе”.

“Ускорительная величина центростремительной силы есть мера, пропорциональная той скорости, которую она производит в течение данного времени”.

“Движущая величина центростремительной силы есть ее мера, пропорциональная количеству движения, которое ею производится в течение данного времени”.

Это значение слова “мера” использовал, в частности, Ф. Энгельс, обсуждая в “Диалектике природы” вопрос о *мерах движения* (mv и $mv^2/2$); иногда оно встречается и в современной литературе, хотя есть специалисты, резко возражающие против такого словопотребления.

Совсем иначе трактуется *мера* у Г. В. Ф. Гегеля, который в истории философии считается первым, кто исследовал меру как философскую категорию. Три первых раздела его “Науки логики” озаглавлены соответственно “Определенность (качество)”, “Величина (количество)” и “Мера”, причем очень трудный для понимания Гегель сам заявляет в начале третьего раздела: “Развитие меры... есть один из самых трудных предметов рассмотрения”. Не пытаясь следовать за изгибами гегелевской мысли, в соответствии с которыми результатом развития меры (как категории) оказывается *сущность*, приведем только одно предложение, имеющее характер определения:

“Мера есть прежде всего непосредственное единство количественного и качественного”.

В современной литературе подчеркивается в гегелевском понятии меры качественная определенность количества. Под мерой обычно понимают границу изменения количества, за которой происходит качественное изменение некоторой вещи. Тривиальным примером является превращение воды в пар в результате нагрева до 100 °С при нормальном давлении.

В настоящее время тройная точка воды (т. е. такое сочетание температуры и давления, при котором одновременно находятся в равновесии твердая, жидкая и газообразная фазы воды) входит в определение кельвина — градуса термодинамической температурной шкалы. Температуры фазовых переходов других чистых веществ являются реперными точками международной температурной шкалы, являющейся приближением к теоретической термодинамической шкале. Все эти реперные точки являются

мерами в гегелевском смысле, и они воспроизводятся с очень высокой точностью. Однако характерные размеры различных частей тела животных и человека, несмотря на некоторый разброс, также подходят под гегелевское определение. Поэтому применение в древности таких единиц, как палец, пядь, стопа (фут), локоть и др., вполне согласуется с гегелевской философской трактовкой меры.

Отметим, что в современной метрологии понятие физической *величины* тоже определяется через синтез качества и количества. Но если гегелевскую *меру* можно кратко охарактеризовать как качественно определенное количество, то физическая величина рассматривается скорее как количественно определенное качество.

Одно из наиболее удачных определений величины предложено упоминавшимся выше Константином Павловичем Широковым в терминологическом стандарте ГОСТ 16263–70 (к сожалению, уже не действующем):

“Величина — свойство, общее в *качественном* отношении многим физическим объектам... но в *количественном* (курсив мой. — В. К.) отношении индивидуальное для каждого объекта”.

Можно сказать, что величина есть *мера некоторого свойства* системы объектов — в том смысле слова *мера*, который мы встречали у Ньютона.

Еще одна трактовка понятия меры была выработана в математике — в 1901 году Анри Лебег создал *теорию меры* в рамках теории множеств. По-видимому, после этого математики решили, что теория измерений завершена (что для физических измерений, конечно, неверно).

Что касается понятия меры в современной метрологии, то оно по существу мало отличается от исходного античного понятия: мерой называют средство измерений, хранящее или воспроизводящее физическую величину заданного размера (как, например, гиря) или ряда различных размеров (как, например, линейка с делениями).

Таким образом, понятие меры, сделав большой круг (и, конечно, никогда не переставая применяться в быту), как бы вернулось на новом уровне к исходной точке. Но все его аспекты, накопленные в течение веков, сохранились и в любой момент могут быть востребованы.

Наверное, то же можно сказать о *всяком абстрактном понятии* — вряд ли есть такие понятия, в основе которых не лежали бы простейшие практические действия человека.

Несколько иначе сложилась судьба другого измерительно-го понятия или, вернее, группы понятий: *весы, взвешивание, вес*. В отличие от *меры*, быстро превратившейся в эстетическую и философскую категорию, *весы* уже в древнем мире стали символом. Весы, находящиеся в равновесии, символизируют, в зависимости от ситуации, либо справедливость, либо точность. Весы, отклоняющиеся от равновесия, символизируют судьбу. Эти символы встречаются на каждом шагу.

Весы в качестве символа *справедливости* использовались уже в очень глубокой древности. Египтяне верили, что во время суда в Царстве мертвых их душу положат на весы — сохранились изображения этой процедуры взвешивания.

В наше время такой же суд с использованием весов в загробном мире красочно описал Владимир Галактионович Короленко (“Сон Макара”).

В Древнем Риме, в V веке до нашей эры, при заключении некоторых сделок покупатель “приглашал не менее пяти совершеннолетних римских граждан в качестве свидетелей и кроме того еще одного... человека, называвшегося весовщиком, для того, чтобы он держал весы” [34, с. 27]. Эти весы играли чисто символическую роль, подтверждая справедливость сделки.

Как известно, Фемида, богиня правосудия, изображалась с весами в руке. Это, между прочим, дало повод русскому журналисту А. Е. Измайлову написать в 1809 году эпиграмму:

В одной руке весы, в другой я меч держу.

Положит мало кто, того я поражу.

Не мог обойтись без весов и Бог Ветхого завета, сообщивший через пророка Даниила вавилонскому царю Валтасару: “Исчислил Бог царство твое и положил конец ему; ты взвешен на весах и найден очень легким...”

Не прошел мимо весов как символа справедливости очень чуткий к философским проблемам Козьма Прутков (вообще философские аспекты творчества Козьмы Пруткова заслуживают самостоятельного исследования): “На беспристрастном безмене

истории кисть Рафаэля имеет одинакий вес с мечом Александра Македонского”.

Не менее интересны античные примеры использования весов как символа (или инструмента?) *судьбы*.

На греческой вазе (рис. 2.8) представлен поединок Ахилла с царем эфиопов Мемноном. На заднем плане сидит Гермес. Он повесил на сучок какого-то дерева весы, на чаши которых положены два жребия (крылатые фигурки), и бесстрастно наблюдает за тем, как опускается вниз жребий Мемнона. В соответствии с состоянием весов Мемнон сражается неудачно и явно близок к гибели, что видно и по поведению двух изображенных здесь же женщин (это богини Фетида и Эос, матери бойцов).



Рис. 2.8. Гермес взвешивает жребии сражающихся Ахилла и Мемнона

Такое же взвешивание жребиев красочно описано в “Илиаде” (перевод Н. И. Гнедича; песнь 22), где Ахилл бьется с Гектором, сыном троянского царя Приама. Здесь весами приходится заниматься самому Зевсу. Видимо, без помощи средства измерений он не мог решить судьбу сражающихся:

Зевс распростер, промыслитель, весы золотые; на них он
Бросил два жребия Смерти, в сон погружающей долгий:
Жребий один Ахиллеса, другой — Приамова сына.
Взял посредине и поднял: поникнул Гектора жребий,
Тяжкий к Аиду упал...

Из этого текста прекрасно видна технология взвешивания: вначале чаши весов лежат, “распростерты”, на земле, и на них нетрудно положить сравниваемые грузы; затем весы нужно поднять “посредине” и посмотреть, которая чаша перевешивает.

Точно так же в “Энеиде” римского поэта Вергилия задача определять с помощью весов исход одного из поединков Энея возлагается на Юпитера. Однако в отличие от Зевса он приступает к взвешиванию не сразу, а предварительно “уровняв стрелку” весов.

В наше время образ весов в связи со сражениями Великой Отечественной войны употребила Анна Ахматова в известном стихотворении:

Мы знаем, что ныне лежит на весах
И что совершается ныне...

Правда, можно подумать, что весы в данной ситуации были удобны опытной поэтессе как раз тем, что обе их чаши исходно равноправны...

Образ взвешивания как процедуры, отличающейся особой *точностью*, характерен уже не столько для античности, сколько для Нового времени. Ярким примером здесь может служить полемика Галилео Галилея с неким оппонентом, издавшим под псевдонимом Лотарио Сарси книгу с вычурным названием “Астрономические и философские весы, на которых взвешиваются мнения относительно комет Галилео Галилея...”.

Галилей (мнение которого относительно комет было, вообще говоря, неверным) ответил публикацией «Пробирных дел мастер (в оригинале это одно слово — *Il Saggiatore*. — В. К.), в котором с помощью особо чувствительных и точных весов будут взвешены доводы, содержащиеся в “Астрономических и философских весах” Лотарио Сарси...». Эта книга имеется в русском переводе [35], и в ней можно найти немало ценных мыслей.

Можно было бы далее заняться поиском примеров выражений типа “взвешенное мнение”, “весомый аргумент” и т. д., но мы не будем этого делать. Оставим в стороне также “весовые функции” и другие подобные технические термины — все это выходит за рамки задач нашего прерывания.

Однако нельзя не упомянуть о том, что и само понятие *измерения* уже в Древней Греции приобрело обобщенный смысл. Яркие образцы такой трактовки можно найти в нескольких диалогах Платона — пожалуй, в наиболее развернутом виде они содержатся в диалоге “Протагор”. В нем, следуя своему обычному методу,

Сократ направляет беседу последовательными вопросами, а его собеседнику поневоле приходится соглашаться. Приведем из длинной части диалога, касающейся измерения (очень невредно прочесть ее целиком!), два небольших отрывка. Первый из них содержит только речь Сократа, а второй — и реплики Протагора.

“...Как человек, умеющий хорошо взвешивать, сложи приятное и сложи тягостное, как ближайшее, так и отдаленное, и, положив на весы, скажи, чего больше? Если же ты сравниваешь разные удовольствия, избирай для себя всегда такое, которое весит больше, а если ты сравниваешь разные страдания, то избирай меньшее”.

“...А раз у нас выходит, что благополучие нашей жизни зависит от правильного выбора между наслаждением и страданием, между большим или меньшим, более сильным и менее сильным, далеким и близким, то не выступает ли тут на первое место измерение, поскольку оно рассматривает, что больше, что меньше, а что равно.

— Да, это неизбежно.

— А раз здесь есть измерение, то неизбежно будет и уменьье, и знание.

— С этим все согласятся, — сказал Протагор”.

Как видно, здесь под *измерением понимается всякое количественное сопоставление*, и не только в физической области, но и в области человеческих чувств и человеческого поведения. И опять-таки инструментом служат весы.

Забегая вперед, заметим, что в XV веке такую же позицию (и тоже опираясь на взвешивание!) займет богослов и философ Николай Кузанский, а в XIX веке, уже на новом уровне, возникнут — и не прекратятся до настоящего времени — *дискуссии* о возможности измерения “нефизических величин”.

Из других высказываний Платона о значении и сущности измерений упомянем одно место в “Политике”, где говорится:

“Ясно, что мы разъяли искусство измерения на две части, причем к одной отнесли все искусства, измеряющие число, длину, глубину, ширину и скорость путем сопоставления с противоположным, а к другой — те искусства, которые измеряют все это путем сопоставления с умеренным, подобающим, своевремен-

ным, надлежащим и со всем, что составляет середину между двумя крайностями”.

Эта “другая часть” перекликается с тем, что было сказано выше по поводу категории *меры* — ведь здесь именно мера, хотя она и не названа явно, рассматривается как середина между крайностями.

Итак, видно, что уже в древнем мире измерительные понятия образовали некоторую систему и их значение далеко вышло за пределы обыденной жизни.

Возврат из прерывания 2.3.

Связь в древнем мире, по-видимому, чаще всего осуществлялась с помощью гонцов. Например, по словам Геродота (цитируем с сокращениями по хрестоматии [31, с. 186]), перед битвой греков с персами при Марафоне, в 490 году до нашей эры, произошло следующее:

“Еще до выступления из города [Афин] полководцы отправили в Спарту глашатаем Филиппида, известного скорохода, исполнявшего эту обязанность... Вышедши из города афинянин, он на другой день был в Спарте, явился к правителям ее и... сообщил, что ему было поручено”.

Известно, что о победе при Марафоне афиняне тоже узнали от скорохода, который пробежал без остановки всё расстояние, ставшее впоследствии дистанцией “марафонского бега”.

Гонцы могли передавать как устные, так и письменные сообщения. В той же хрестоматии [31] можно найти текст деловой записки, написанной на папирусе в эллинистическом Египте 13 октября 258 года до нашей эры:

“Зенон — Клеону привет. Вода поднялась в канале не выше одного локтя, так что орошать поля нечем. Прошу тебя открыть шлюзы, чтобы земля была орошена.

Будь здоров.

28 год, месяц месоре 23-го числа”.

Срочные сообщения могли передаваться на расстояние прямой видимости с помощью огней (это было удобно в гористой Греции). Перемещение горящего хвороста означало приближение

врагов. Использовались простейшие коды в виде сочетаний огней. Более того, греки умели использовать для кодирования сообщений *водяные часы*. По сигналу с передающего пункта на нем и на приемном пункте одновременно открывали отверстия клепсидры, а по другому сигналу закрывали. По уровню оставшейся воды (который определялся по специальному поплавку) выбирали из заранее заготовленных 24 сообщений нужное [26, с. 76–79].

Нынешний специалист без труда узнаёт в этом способе передачи принцип *сопряженных разверток*, разработанный советским инженером Ф. Е. Темниковым в 30-х годах XX века.

2.3. Развитие информационной сферы в период “ранней классики”

В этом и последующих разделах конкретные достижения греков в информационной сфере изложены в приблизительно хронологическом порядке, без разделения на теорию и практику, которые зачастую переплетаются.

Уже первый представитель милетской философской школы — **Фалес** — прославился, в числе прочего, остроумным способом измерения высоты пирамиды. В различных источниках этот способ описан по-разному [28, с. 101, 113]. В одном случае говорится:

“...Без малейшего труда и не нуждаясь ни в каких инструментах, ты просто установил палку на край тени, которую отбрасывала пирамида, касанием луча света получилось два треугольника, и ты наглядно показал, что пирамида относится к палке так же, как тень — к тени”.

В другом варианте: “...он измерил пирамиды по тени, подметив момент, когда [наша тень] равна нашему росту” (здесь и далее вставки в квадратных скобках обеспечивают связность цитируемых текстов).

Судя по тому, что это событие оказалось описанным различным образом, оно произвело на современников Фалеса большое впечатление. Отметим, что во втором варианте есть избыточное условие — выбор момента времени (зато не требовалось решать пропорцию), но и в первом варианте тоже есть избыточность: зачем нужно было ставить палку именно на край тени пирамиды?

Считается, что Фалес объяснил причины солнечных затмений и даже предсказал одно затмение. Он одним из первых (если не

самым первым) поставил вопрос об *интеллектуальной собственности* — но не как об источнике дохода:

«Рассказывают, что Фалес поведал о недавно сделанном открытии Мандролиту из Приены. Тот пришел в неопиcуемый восторг от нового и неожиданного познания и велел просить у него в награду за столь ценный урок такую плату, какую Фалес пожелает. “Довольно мне будет платы, — сказал мудрый Фалес, — ежели, вздумав разгласить кому-либо то, чему ты научился у меня, ты не припишешь этого открытия себе, но назовешь первооткрывателем меня и никого другого”» [28, с. 113].

Фалесу приписывают доказательство первых теорем геометрии — о том, что диаметр делит круг на равные части, о том, что углы при основании равнобедренного треугольника равны, и некоторых других. Создается впечатление, что Фалес пользовался при этом приемом наложения или просто перегибания чертежа.

Более поздняя формулировка условия равенства геометрических фигур — “налагающиеся равны” — приводит к мысли о том, что греки свободно владели представлением о движении геометрических фигур на плоскости или в пространстве.

Методологическое прерывание 2.4.

Движение в геометрии

Существует, однако, мнение о том, что греки стремились исключить из геометрии движение, поскольку оно принадлежит механике — по их понятиям, низшему роду искусств. Но можно полагать, что при этом имелись в виду не всякие движения, а главным образом построения, осуществляемые путем механического сочетания различных движений.

Можно назвать три исключения, в общем подтверждающих правило. Первый, наиболее простой пример — спираль Архимеда. Ее описывает точка, лежащая на равномерно вращающемся луче и вместе с тем равномерно удаляющаяся от центра. В качестве второго, более интересного примера упомянем так называемую квадратуру.

Представим себе прямоугольную систему координат (рис. 2.9), отрезок ГВ длины r , первоначально направленный от начала координат вдоль оси y , и прямую ВА, параллельную оси x , проходящую через его конец.

В некоторый момент времени отрезок ГВ, оставаясь закрепленным в начале координат, начинает равномерно поворачиваться по часовой стрелке до совпадения с осью x , а в это же время прямая ВА — двигаться в направлении оси x с такой постоянной скоростью, что совпадение отрезка и прямой с этой осью происходит одновременно.

Точка пересечения поворачивающегося отрезка с прямой, движущейся поступательно вниз, описывает кривую, которая и называется квадратрисой.

Эта кривая подходит бесконечно близко к оси x , почти “втыкается” в нее, но на самой оси обрывается, поскольку отрезок и прямая в конечном положении совпадают и перестают пересекаться в определенной точке.

Можно получить сколько угодно точек квадратрисы, последовательно деля с помощью циркуля и линейки отрезок ГВ и дугу $\Delta В$ на две, четыре, восемь,... частей. Точка, лежащая на оси x (см. рис. 2.9, Θ), при этом восстанавливается экстраполяцией, а теоретически можно найти координату этой точки как предел последовательности координат x точек квадратрисы, приближающихся к оси. Легко показать, что эта координата равна $2r/\pi$. Таким образом, точное построение квадратрисы позволило бы выполнить квадратуру круга. С помощью той же квадратрисы решается и другая знаменитая задача — трисекция угла.

Третий, еще более сложный пример движения — построение Архита, использованное им для решения третьей из знаменитых задач древности (удвоения куба). Здесь двигались не отрезки на плоскости, а плоские фигуры (полуокружность и треугольник) в пространстве [19, с. 209–211].

Как видно, воображаемое движение линий и фигур использовалось там, где классические методы построений с помощью

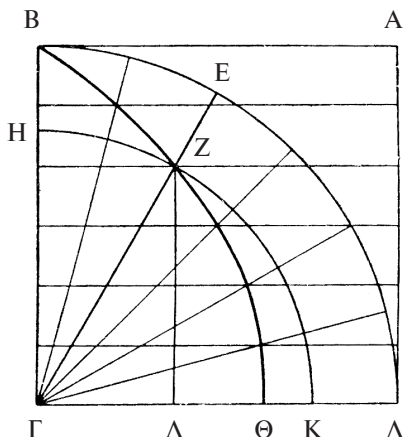


Рис. 2.9. Принцип построения квадратрисы [19]

циркуля и линейки не давали результатов. Для решения этих же задач создавались специальные механизмы, что рассматривалось греками как определенно ненаучное занятие.

Однако движение фигур как цельных образов, без особых требований к скорости и траектории движения, видимо, не связывалось с механикой и считалось допустимым. Зато современным математикам оно не нравится. Известный отечественный математик И. М. Яглом, начиная свою книгу [36] с обсуждения предмета геометрии, высказывает, ссылаясь на еще более известного ученого Феликса Клейна, следующее положение:

“Содержание геометрии составляет изучение тех свойств фигур, которые сохраняются при всевозможных движениях”.

Но тут же он говорит, что понятие движения как такого преобразования плоскости, которое переводит каждую фигуру в равную ей, неудовлетворительно, поскольку равенство фигур обычно, в свою очередь, определяется через движение, т. е. получается логический круг.

Чтобы определить равенство независимо от движения, Яглом предлагает ввести понятие расстояния. Фигуры равны, если между ними (вернее, их точками) можно установить соответствие, сохраняющее расстояния. Но теперь возникает вопрос: а что такое расстояние?

“Однако этот вопрос, — пишет Яглом, — не является очень трудным... достаточно ввести на плоскости какую-либо (какую угодно!) декартову прямоугольную систему координат; при этом, если координаты точки A равны x и y , а координаты точки A_1 равны x_1 и y_1 , то расстояние d между точками A и A_1 можно определить по формуле

$$d = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2}.$$

Звучит это безобидно. Но что значит “ввести на плоскости систему координат”? Это значит не более и не менее как сопоставить каждой из бесчисленного множества точек плоскости число (как правило, иррациональное, с бесконечным количеством десятичных разрядов). И это — не очень трудный вопрос?

Попробуем решить более простую задачу: реально (конструктивно) ввести на прямой дискретную координату, скажем сопо-

ставить точкам, удаленным от начала координат на целое число миллиметров, соответствующие целые числа. Таких точек счетное множество; это не континуум, но все-таки нам не удастся за конечное время ввести координату на всей бесконечной прямой.

Хорошо, ограничимся — только в качестве примера — некоторым большим, но конечным участком прямой.

Чтобы найти точки, имеющие целочисленные (в миллиметрах) координаты, мы должны располагать *мерой* — отрезком, имеющим длину 1 мм или кратную этой величине (скажем, 256 мм). Эту меру нужно *двигать*, — никуда не уйти от движения! — прикладывая ее к прямой так, чтобы точка прямой, отмеченная как совмещенная с концом меры при ее предыдущем прикладывании, оказалась совмещенной с началом меры при следующем прикладывании.

При кратной мере после прохождения всего выбранного конечного участка прямой нужно еще разделить отмеченные на прямой отрезки на равные части, что, вообще говоря, тоже требует движений.

Теперь остается сказать, вспомнив русскую поговорку, что, когда математики изгоняют простое движение геометрической фигуры в дверь, оно врывается в окно при попытке конструктивно ввести на плоскости систему координат, причем врывается в многократно (точнее, бесконечно!) усиленном виде.

Но возможно еще и такое возражение: чтобы определить расстояние между двумя точками, нам не нужно иметь дело с бесконечным множеством точек и их координат, достаточно *измерить* координаты только тех точек, которые нас интересуют.

Согласимся и с этим, но конструктивный подход к измерению координат требует опять-таки *перемещения* меры, а если какая-либо координата окажется иррациональной (что в геометрии случается очень часто), процесс измерения опять-таки уйдет в бесконечность.

Различные математики по-разному относились и относятся к движению твердых тел (или “твердых” геометрических фигур) как фундаментальному понятию геометрии. Это можно видеть, например, из сравнения подходов Бернгарда Римана и Германа Гельмгольца, которое проведено в книге упомянутого выше великого математика Феликса Клейна [37, с. 255].

В 1854 году Б. Риман произнес речь “О гипотезах, лежащих в основаниях геометрии”. Эта важная работа была опубликована только в 1868 году. Г. Гельмгольц в том же году откликнулся публикацией с явно полемическим названием “О фактах, лежащих в основаниях геометрии”.

И вот что пишет Ф. Клейн:

“...Риман мыслит элемент дуги в пространстве заданным при помощи некоторой квадратичной формы

$$ds^2 = \sum a_{ik} dx_i dx_k,$$

и затем производит классификацию всевозможных квадратичных дифференциальных форм и отвечающих им геометрий. Гельмгольц отступает на шаг назад, показывая, что такой — и даже более специальный — вид для ds^2 вытекает уже из самого факта существования свободно перемещающихся тел”.

Подчеркнем последнюю мысль: *существование свободно перемещающихся в пространстве тел является эмпирическим фактом!*

До Г. Гельмгольца, в 1851 году, идею подобного “кинематического” обоснования геометрии предлагал немецкий философ и психолог Ф. Иберверг [38, с. 42]. Нельзя не вспомнить и нашего Николая Ивановича Лобачевского, который еще в 1835 году писал:

“В природе мы познаем собственно только движение, без которого чувственные впечатления невозможны. Итак, все прочие понятия, например геометрические, произведены нашим умом искусственно, будучи взяты в свойства движения” [Там же].

Нужно упомянуть еще одну сторону движения в геометрии — бытовавшее в Древней Греции представление о том, что движение точки производит линию, движение линии (в поперечном направлении) — плоскость, а движение плоскости — тело. Против этого резко возражал Аристотель, используя разные аргументы — например, что всякое движущееся тело должно продвинуться на свою длину, а точка не имеет длины и двигаться не может или что поверхность существует только на теле, а линия на поверхности и поэтому линия отдельно, сама по себе двигаться не может и др.

Во всех этих рассуждениях мы касаемся, помимо собственно движения, двух важных вопросов: во-первых, о соотношении между геометрией и физикой (уж физика-то без движения обойтись не может!) и, во-вторых, о конструктивном и неконструктив-

ном в геометрии и вообще в науке. Обе эти темы слишком объемны для методологического прерывания, поэтому ограничимся несколькими замечаниями.

Как было уже сказано, древние греки старались разграничить геометрию и важнейшую созревшую тогда область физики — механику.

Между прочим, упомянутое выше, в разд. 2.2, письмо Архимеда Эратосфену интересно тем, что в нем Архимед *оправдывает* использование механических соотношений (относящихся в данном случае к равновесию рычага) для поиска геометрических истин — вообще говоря, не для *доказательства* теорем, а только для своего рода угадывания конечного результата.

О Демокрите говорили, что он находил объемы геометрических тел взвешиванием их моделей, но это тоже рассматривалось только как предварительный поиск вида искомого соотношения. Даже Галилей — в XVII веке! — искал отношение площади под циклоидой к площади круга путем взвешивания [39, с. 225] и, конечно, не слишком афишировал эти свои действия.

Иначе смотрел на соотношение между геометрией и механикой И. Ньютон. В предисловии к первому изданию “Математических начал натуральной философии” он писал:

“...Само проведение прямых линий и кругов, служащее основанием геометрии, в сущности относится к механике...”

И далее: “Итак, геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как та часть *общей механики*, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения” [33, с. 1–2 основного текста].

П. К. Рашевский начинает вступительную статью к советскому изданию “Оснований геометрии” Давида Гильберта [40] с того, что существуют геометрии двух родов: *геометрия как физика* и *геометрия как математика*. Итог своих рассуждений он подводит в следующих двух абзацах (в оригинале целиком напечатанных курсивом):

“Геометрия как физика изучает свойства протяженности материальных тел. Ее положения могут и должны быть проверяемы опытным путем; как и все положения физики, они воспроизводят материальный мир лишь в абстракции и истинны поэтому лишь приближенно.

Геометрия как математика интересуется лишь логическими зависимостями между своими положениями, более точно — занимается логическим выводом из некоторого числа положений (аксиом) всех остальных. Об истинности предложений геометрии как математики можно говорить поэтому лишь условно, а именно в том смысле, что данное предложение действительно выводится из аксиом”.

Заметим, что и в области механики существует такая же идея “расщепления” единой науки. П. В. Харламов [41] утверждает, что существуют даже *три различные механики*. Одна из них — прикладная, или техническая, механика — развивается эмпирико-индуктивным путем, причем правильность ее теоретических моделей должна быть подтверждена сопоставлениями с результатами наблюдений. Можно сказать, что это есть “механика как физика”.

Прикладной механике противопоставляется “механикоподобная математика”. Используя те же термины, она имеет основанием систему аксиом, физическое содержание которых не обсуждается. Как пишет Харламов, по всем признакам она является именно математикой, а не механикой.

Промежуточное положение занимает теоретическая механика. Она отличается от прикладной тем, что в ней рассматриваются не конкретные, а обобщенные ситуации.

Возвращаясь к геометрии, вспомним, что широко мыслящие ученые умели сочетать “физический” и “математический” подходы к этой науке. Н. И. Лобачевский, работы которого внесли колоссальный вклад в “геометрию как математику”, пытался экспериментально определить, какая же геометрия свойственна физическому миру. Он хотел измерить сумму углов треугольника космических размеров — если бы она оказалась меньше двух прямых, это означало бы, что физическое пространство неевклидово.

Напомним, что в общей теории относительности физика была сведена к геометрии — тяготение объяснено искривлением пространства.

Наконец, знаменитая “эрлангенская программа” Феликса Клейна (1872 г.) была определенно сформулирована в рамках “геометрии как математики” — она имела целью объединить общей идеей математической теории групп мало связанные в то время

различные разделы геометрии. В краткой формулировке Ф. Клейна она звучала так:

“Дано многообразие и в нем группа преобразований; нужно исследовать те свойства образов, принадлежащих многообразию, которые не изменяются от преобразований группы” [38, с. 8].

Заметим, что соображения И. М. Яглома, с которых мы начали рассуждение, восходят именно к этой идее Ф. Клейна, а она охватывает не только преобразования, сохраняющие расстояния, но и аффинные, проективные и другие виды преобразований (исторический обзор дан в третьей главе книги [4]).

Будучи, казалось бы, “внутриматематической”, эрлангенская программа в начале XX века оказалась плодотворным руководящим принципом и для физики — это подробно рассмотрено в книге [38].

На этом закончим рассуждать о связях между геометрией и физикой и кратко остановимся на вопросе о конструктивном и неконструктивном в геометрии и в физике.

Из сказанного выше ясно, что введение (в пространстве, на поверхности или даже на линии) системы координат, охватывающей все несчетное множество точек, конструктивным путем невозможно. Приходится привлекать что-то вроде божественного всеведения, *заранее* сопоставившего каждой точке линии, поверхности или пространства одно или несколько действительных чисел. Здесь мы имеем дело с тем, что принято называть *актуальной бесконечностью* — бесконечным множеством, которое предполагается данным нам сразу, как единое целое.

Уже сама по себе актуальная бесконечность — понятие очень непростое для логического и философского анализа [42], но система координат, даже только на линии, представляет собой *две различные актуальные бесконечности* (точек и чисел), каким-то образом поставленные во взаимно-однозначное соответствие. Это совершенно неконструктивное представление настолько пронизывает и всю математику, и теоретическую физику, что обойтись без него, по-видимому, невозможно.

Однако вспомним другое очень распространенное до недавнего времени неконструктивное представление — об одновременности пространственно разделенных событий. Она ведь тоже в течение столетий представлялась заданной путем своего рода

божественного всеведения. Только в специальной теории относительности был поставлен вопрос: с помощью какого *информационного процесса* можно конструктивно установить эту одновременность?

На рис. 2.10 показана заимствованная из книги [43] наглядная модель основного понятия специальной теории относительности — системы отсчета. Имеющиеся в системе часы должны быть предварительно синхронизированы, для чего к каждому часам должен быть приставлен *наблюдатель*, получающий заранее оговоренный сигнал от наблюдателя выделенных опорных часов.

Всё это выглядит конструктивно, однако в самой теории постоянно используются преобразования координат, основанные

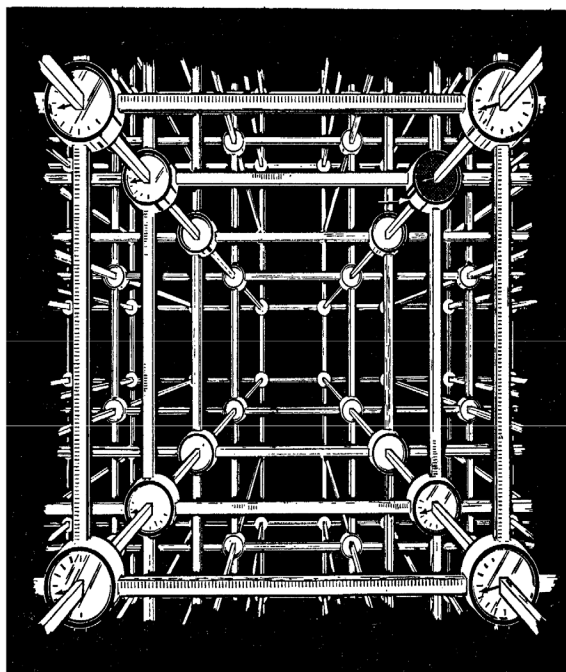


Рис. 2.10. Система отсчета в специальной теории относительности — решетка из жестких стержней с часами в ее узлах (все часы синхронизируются по выделенным опорным часам)

не на решетчатой, а на *континуальной модели* пространства-времени. Для реализации этой модели дискретная решетка, представленная на рис. 2.10, должна была бы превратиться в сплошной монолит, до отказа “нашпигованный” числовыми значениями координат и часами (а также наблюдателями?!).

А теперь вспомним излюбленное занятие специальной теории относительности — наблюдение одного и того же события в двух движущихся относительно друг друга системах отсчета. Эти системы отсчета должны еще пролетать друг сквозь друга! В итоге создается впечатление, что конструктивного информационного подхода, провозглашенного в специальной теории относительности, хватило ненадолго. Видимо, иначе и не могло быть.

Обратившись снова к книге [42], специально посвященной логическому анализу не только бесконечности, но и *осуществимости* (со ссылками на потребности кибернетики!), видим, что проблемы такого анализа в ней действительно поставлены и обсуждены, но четко сформулированный результат обнаружить трудно. Интересно, что автору этой книги пришлось особое внимание уделить логическому описанию *движения*, причем привлечение аппарата формальной логики выглядит искусственным. Такое же впечатление оставляют книги других авторов по сходной тематике.

Выбранная нами в качестве примера работа [42] выполнялась под руководством упомянутой выше, в разд. 1.3, Софьи Александровны Яновской (правда, к моменту выхода книги из печати Софьи Александровны уже не было на свете), но она далеко не достигает той четкости, которая была свойственна философским трудам этой замечательной женщины.

Не спасает дела и приведенная в книге [42] известная цитата из “Философских тетрадей” В. И. Ленина (ее легко найти в составляющем часть “Тетрадей” ленинском конспекте лекций Г. В. Ф. Гегеля по истории философии):

“Мы не можем представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, угрубив, не разделив, не омертвив живого”.

Значит ли это, что следует принимать движение как первичную данность, отказавшись от попыток его описания? Автор книги [42] не попытался как-либо развить ленинскую мысль.

Нам же придется еще возвращаться к вопросу о движении, а пока оставим его, так как прерывание слишком затянулось, а мы ведь только начали рассматривать конкретные достижения греков.

Но прежде чем выйти из прерывания, обратимся снова к тому обстоятельству, которое дало повод для него — к предположительному перегибанию чертежа Фалесом для доказательства равенства углов при основании равнобедренного треугольника.

В упоминавшемся выше советском издании классической работы Давида Гильберта “Основания геометрии” [40] помещены в виде добавлений несколько других, менее значительных работ Гильберта. Одна из них называется “По поводу теоремы о равенстве углов при основании равнобедренного треугольника”. В ней Гильберт предложил геометрию, основанную на необычной, специально для этого случая введенной группе преобразований. Описание здесь этих преобразований заняло бы слишком много места.

На рис. 2.11 воспроизведен чертеж из заключительной части статьи Гильберта. Исходной фигурой является треугольник OQP с заданными определенным образом координатами вершин. Точка R получается как “зеркальное отображение” (термин Гильберта!)

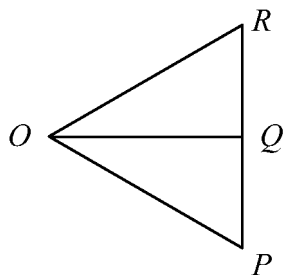


Рис. 2.11. К вопросу о равенстве углов при основании равнобедренного треугольника

точки P относительно прямой OQ , т. е. с помощью операции, практически эквивалентной перегибанию чертежа. При этом получается, что углы ORP и OPR между собой конгруэнтны. Однако длина отрезка OR , вычисляемая по формулам упомянутых выше преобразований, отличается от длины отрезка OP — треугольник OPR вопреки очевидности *не является равнобедренным*. Более того, сумма длин OQ и QP в этой необычной геометрии оказывается *меньше* длины OP ! Эту свою геометрию Гильберт назвал непифагоровой.

Возврат из прерывания 2.4.

О следующем после Фалеса известном философе-милетце — *Анаксимандре* — говорят, что именно он ввел в Греции гномон для измерения времени по Солнцу. Б. Л. ван дер Варден выражается более обстоятельно:

“У Анаксимандра Милетского, ученика Фалеса, была мастерская, где, между прочим, изготовлялись из дерева небесные глобусы. Анаксимандру было также поручено установить на рыночной площади в Спарте гномон, т. е. вертикальные солнечные часы...” [19, с. 145–146].

И. Д. Рожанский в статье [6, с. 206–207] (а также в текстуально близкой к этой статье книге [44, с. 39–41]) отмечает, что Анаксимандру принадлежало “первое в истории европейской мысли научное сочинение” (до нас не дошедшее), им же начерчена первая географическая карта известного грекам мира. Однако при всем этом “он [Анаксимандр], по-видимому, еще не проводил разграничения между понятиями силы, качества и вещества”.

Современному читателю смешение этих понятий может показаться невероятным, особенно в сопоставлении с детально продуманной категориальной системой Аристотеля, жившего всего на двести с небольшим лет позже.

Однако при слабости теории древние греки уже в это время совершали несомненные “измерительные подвиги”. В том же VI веке до нашей эры, около 530 года, был пройден под руководством *Евпалина* из Мегары туннель для водовода на острове Самос (через море — недалеко от Милета) длиной около 1 км.

Проходка велась с двух сторон горы, и землекопы встретились с ошибкой в горизонтальном направлении всего около 10 м, а в вертикальном 3 м [19]. Для соединения северной части туннеля с южной пришлось только несколько изогнуть одну из этих частей.

На рис. 2.12 приведены фрагмент карты острова и поперечный разрез горы, через которую проходил водовод. В книге [45], из которой заимствован этот рисунок, дан еще чертеж предполагаемого обхода горы прямолинейными ходами, сопрягаемыми под прямыми углами, — считается, что только такой обход мог позволить с помощью угломерных инструментов указать землекопам правильные направления проходки с двух сторон горы. Но мы его

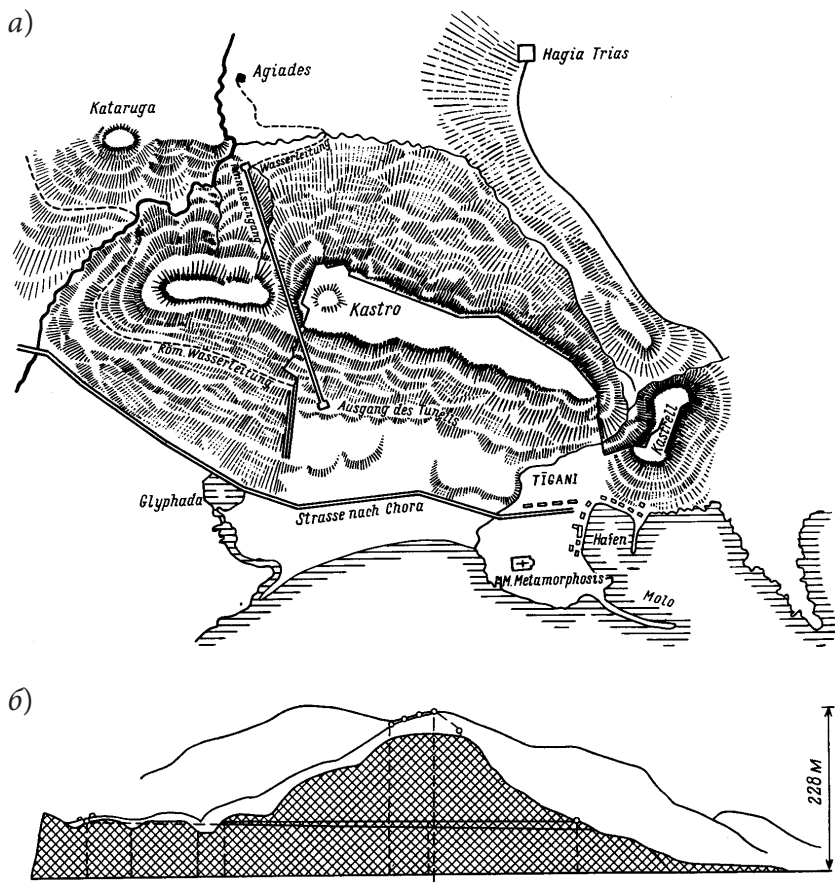


Рис. 2.12. Туннель на острове Самос
(рисунок заимствован из книги [45]):

a — карта части острова с горой Кастро;
б — поперечный разрез (вертикальный масштаб увеличен в два раза)

не приводим — Б. И. Козлов, автор книги [45], ссылается в этом месте на Б. Л. ван дер Вардена, а в книге самого ван дер Вардена [19] приведен похожий, но совсем другой чертеж, причем сделано замечание, позволяющее предположить, что этот чертеж не происходит из античных источников.

Читатель, интересующийся последовательностью измерений, выполненных в обход горы, может обратиться также к монографии Г. Дильса [26].

И. Д. Рожанский оценивает работу Евпалина так: “Это была совсем не простая задача, требовавшая не только определенных знаний в области геометрии, но и большой точности в проведении геодезических измерений” [44, с. 32]. Ведь мало было достичь стыковки двух частей туннеля — нужно было обеспечить постоянный уклон для течения воды, и это было тоже сделано!

Европейские ученые были склонны считать выдумкой описание туннеля, сделанное Геродотом. Но в 1882 году немецкие археологи при раскопках на Самосе нашли туннель, соответствующий во всех деталях тексту Геродота: “1 километр длины, 2 метра ширины и высоты, с глубокой выемкой, где находилась труба, с вертикальными шахтами для вентиляции и очистки от мусора, а также с нишами, в которых рабочие ставили свои светильники” [19, с. 142].

Таким образом, Евпалина, сына мегарца Навстрофа (согласно Геродоту), можно считать одним из первых *маркшейдеров* в истории человечества.

Однако представляется, что вряд ли такое серьезное дело, как проходка *километрового туннеля*, могло быть предпринято в отсутствие предварительного опыта выполнения более простых работ, тоже требующих геодезических измерений.

С этой точки зрения дата “около 530 года до нашей эры” может считаться в какой-то степени итоговой для маркшейдерского мастерства греков.

Из других событий второй половины VI века до нашей эры для нас должна представлять интерес деятельность *пифагорейской школы*.

Считается, что именно *Пифагор* первым назвал свое учение любомудрием (философией). Существует мнение о том, что Пифагор, “по словам музыковеда Аристоксена, первым ввел в Грецию меры и веса” [28, с. 144]. В это трудно поверить — неужели до Пифагора не было стандартизованных мер? И как Пифагор мог “ввести” их, не обладая властью? Но и без этого работы пифагорейцев, по-видимому (мнения историков о действительных

заслугах пифагорейцев сильно расходятся), привели к ряду важных находок.

С позиций истории информационной сферы наиболее важными представляются четыре факта: открытия пифагорейцев в области музыкальной акустики, их основная философская идея “все есть число”, создание ими начал теории чисел, а также приписываемое им обнаружение несоизмеримости.

Сейчас всем известно, что тем или иным музыкальным интервалам соответствуют определенные *отношения частот* звуков, составляющих эти интервалы. Например, октаве, чистой квинте и чистой кварте соответствуют отношения частот 2:1, 3:2 и 4:3.

Пифагорейцы не умели измерять звуковые частоты, но они обнаружили, что целочисленные соотношения (а также аналогичные соотношения для других интервалов) имеют место для *длин струн* при постоянном их натяжении. Вероятно, для этого потребовались специальные эксперименты на так называемом монохорде (в переводе — “одноструннике”).

Имеются также сведения о том, что пифагорейцы экспериментировали с сосудами, один из которых был пустым, а другой наполнялся водой наполовину, на четверть и на треть, что позволяло получать те же музыкальные интервалы октавы, кварты и квинты [28, с. 154].

Исходя из найденных соотношений, пифагорейцы с помощью вычислений сконструировали довольно сложный музыкальный строй. Он совершенствовался в течение долгого времени с участием таких математиков, как Архит и Евдокс. Истории развития пифагорейской теории музыки посвящено специальное приложение к книге Б. Л. ван дер Вардена [19, с. 393—434].

Можно предположить (и с этим согласен ряд историков науки), что именно обнаружение целочисленных соотношений *в области музыки* послужило для пифагорейцев толчком к поискам аналогичных соотношений в других областях. Дальнейшее развитие этих идей привело их к представлению о том, что *основой мира являются числа*.

После философских поисков ионийских мудрецов, видевших единую материальную основу мира в воде (Фалес), воздухе (Анаксимен), огне (Гераклит) или неопределенном “апейроне”

(Анаксимандр), и в дополнение к учению Эмпедокла о четырех элементах (огонь, вода, земля и воздух) пифагорейцы впервые выдвинули мысль об *идеальной* — числовой — основе мира. Впоследствии эту мысль по-своему разовьет Платон.

Вот одно из высказываний античного комментатора о пифагорейском учении: “...они стали считать числа причинами вещей, утверждая, что все сущее состоит из чисел” [28, с. 468].

Вот фрагмент другого, более подробного комментария:

“Начало (архэ) всех вещей — единица (монада), а из единицы гипостазировалась неопределенная двоица (диада), которая относится к единице как материя к причине. Из единицы и неопределенной двоицы — числа, из чисел — точки, из точек — линии, из линий — плоские фигуры, из плоских — телесные фигуры, а из них — чувственные тела, элементов которых четыре: огонь, земля, вода, воздух, которые изменяются и превращаются насквозь и из них рождается космос... шарообразный, содержащий в середине Землю, тоже шарообразную и населенную со всех сторон” [Там же, с. 486].

Иначе и с исключительной четкостью трактовала идеи Пифагора его любимая жена Теано — вероятно, первая в мире женщина-философ, автор научных трудов (и мать четырех детей):

“Многие эллины... думают, будто Пифагор говорил, что все рождается из числа. Но это учение вызывает недоумение: каким образом то, что даже не существует, мыслится порождающим? Между тем он говорил, что всё возникает не из числа, а согласно числу...” [Там же, с. 149].

Теано была не единственной пифагорейкой — известны имена и других, менее выдающихся женщин, входивших в пифагорейскую общину.

Наконец, имеются и такие комментарии, которые напоминают призывы ученых Нового времени — начиная с Галилея — измерять то, что еще не измерено:

“...По их [пифагорейцев] мнению, кто желает изучать сущее и его свойства, тот должен обратить свой взор на это: на числа, на измеримые виды сущего и пропорции, так как через них можно объяснить все” [Там же, с. 470].

Получается, что положение “все возникает согласно числу” можно понимать еще и как утверждение о том, что всё в природе исчислимо и измеримо.

Но пифагорейцы не только философствовали о числах. Они, можно сказать, заложили первые камни в здание *теории чисел* — своеобразной области математики, которая в настоящее время играет важную роль в криптографической защите информации.

Конечно, в их рассуждениях было много наивного. Так, они полагали, что брак между мужчиной и женщиной соответствует числу 5: ведь $5 = 3 + 2$, но 3 считалось первым нечетным, “мужским” числом (единица была у пифагорейцев на особом положении), в то время как 2 есть первое четное, “женское” число [28, с. 468]. Был у них и ряд других подобных сопоставлений. Вообще противоположность четного и нечетного играла в их учении очень большую роль. Они вводили и более сложные понятия, такие как четно-нечетное число, т. е. такое, половина которого нечетна. Они находили ряд ценных свойств у числа 10, но не потому, что у нас 10 пальцев, а, например, потому, что $10 = 1 + 2 + 3 + 4$. Они строили (рис. 2.13) ряды “треугольных”, “квадратных”, “прямоугольных” и “пятиугольных” чисел, выражающихся соответственно как

$1 + 2 + 3 + \dots + n = n(n + 1)/2$ — треугольные числа 1, 3, 6, 10, ...;
 $1 + 3 + 5 + \dots + (2n - 1) = n^2$ — квадратные числа 1, 4, 9, 16, ...;
 $2 + 4 + 6 + \dots + 2n = n(n + 1)$ — прямоугольные числа 2, 6, 12, 20, ...;
 $1 + 4 + 7 + \dots + (3n - 2) = n(3n - 1)/2$ — пятиугольные числа 1, 5, 12, 22, ...

С позиций современной теории чисел важно, что пифагорейцы обратили внимание на отношение делимости и на состав

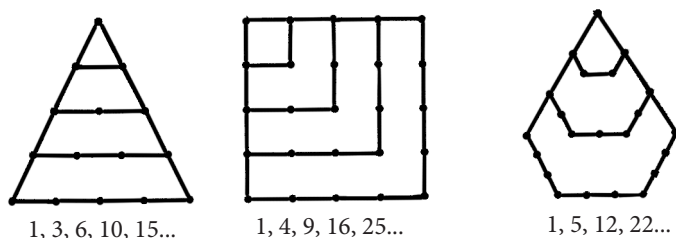


Рис. 2.13. Треугольные, квадратные и пятиугольные числа [14]

делителей целых чисел. Простые числа они называли линейными, числа, являющиеся произведениями двух сомножителей, — плоскими, поскольку на отрезках, длины которых равны этим сомножителям, можно построить квадрат или другой прямоугольник.

Например, плоскими считались числа 16 и 18 (два этих числа обладают уникальным свойством: у каждого из прямоугольников 4×4 и 3×6 площадь численно равна периметру), а к лежащему между ними числу 17 пифагорейцы испытывали “отвращение” [19, с. 134].

Последнее звучит забавно в свете того факта, что одним из первых крупных математических открытий великого К. Ф. Гаусса было построение правильного 17-угольника.

Пифагорейцы называли *совершенным* число, равное сумме своих делителей, например $6 = 1 + 2 + 3$. Они знали и другие совершенные числа.

Б. Л. ван дер Варден [19, с. 136] пишет, что Пифагор, отвечая на вопрос, что такое друг, упомянул о *дружественных* числах 284 и 220. Каждое из них равно сумме делителей другого:

$$\begin{aligned} 284 &= 1 + 2 + 4 + 5 + 10 + 20 + 11 + 22 + 44 + 55 + 110; \\ 220 &= 1 + 2 + 4 + 71 + 142. \end{aligned}$$

Все эти наблюдения, очевидно, давали материал для работы последующих поколений математиков.

Но наиболее драматическим событием в истории математики, связанным с поисками пифагорейцев, было открытие несоизмеримости. По-видимому, среди историков науки нет согласия относительно того, в какой области математики была впервые обнаружена несоизмеримость: рассматривали пифагорейцы процесс измерения диагонали квадрата единицей, равной длине стороны, или пытались найти среднее пропорциональное между единицей и двойкой (а может быть, хотели выполнить аналогичную операцию в области музыки — разделить октаву пополам).

О несоизмеримости диагонали и стороны квадрата сейчас учат уже в средней школе; правда, вряд ли говорят о том, что бесконечно продолжающийся поиск общей меры диагонали и стороны представляет собой *информационный процесс*.

Менее известен второй подход. Д. Я. Стройк [2, с. 59] объясняет его так. Пусть требуется найти несократимую дробь $b = p/q$,

такую, чтобы выполнялась пропорция $2 : b = b : 1$. Отсюда получается $p^2 = 2q^2$, и следовательно, p^2 , а также и само p должны быть четными числами. Представим последнее как $p = 2r$.

Далее, q должно быть *нечетным* (искомая дробь несократима), но, так как $q^2 = 2r^2$, оно должно быть также и *четным*.

Получилось противоречие, связанное с одной из основных для пифагорейцев противоположностей — четного и нечетного. Выходило, что искомое среднее пропорциональное не выражается *никаким числом*. Нам такой вывод может показаться странным (если забыть о том, с каким трудом строилась современная теория действительных чисел).

Это был первый в истории *кризис математики*. Даже наш современник А. Д. Александров пишет об этом так, как если бы произошла катастрофа:

“...Исходя из твердо установленного опытного факта, в геометрии был сделан вывод, не имеющий реального смысла; в физике ему не придали бы значения, но в математике он сохранился и имел величайшие последствия — во всех применениях и перипетиях учения о математическом континууме” [46, с. 277].

Действительно, здесь мы в первый раз (если не считать упоминания о том, что *непрерывное* движение точки производит линию) сталкиваемся с континуумом, точнее, пока только с одним представителем несчетного множества чисел, не являющихся рациональными, — в десятичном или двоичном изображении это число должно было бы содержать *бесконечную непериодическую последовательность* цифр “после запятой”.

В ином виде проблематика континуума выступила у Зенона Элейского (правда, рассуждения Зенона фактически требовали не континуума, а “всего лишь” *плотного множества* точек с рациональными координатами). Но прежде чем переходить к Зенону, нужно вкратце рассмотреть, по возможности придерживаясь “информационной точки зрения”, идеи, выдвинутые предшествовавшими ему элеатами: Ксенофаном и Парменидом.

У *Ксенофана* наиболее интересным представляется то, что он счел необходимым *доказывать* положения, характеризующие бога и его свойства. Так, он обосновывает утверждение, что бог *один* и что не может быть многих богов. Этот единый бог повсюду подо-

бен и, следовательно, шарообразен [28, с. 160]; он не бесконечен и не конечен, он не движется и не неподвижен (не первое ли это утверждение о единстве противоположностей? Ведь Гераклит был моложе Ксенофана!). Но еще интересней то, что бог Ксенофана “весь целиком видит и весь целиком слышит, но не дышит, и все-цело — сознание, разум, и вечен” [Там же, с. 157].

К этому нужно добавить способ *действий* бога, выраженный в стихотворной форме следующим образом:

“Но без труда, помышлением ума он всё потрясает” [Там же, с. 173].

Все эти мысли *почти дословно совпадают* с высказываниями Исаака Ньютона (в конце его “Математических начал натуральной философии” [33]) о том, что Бог “весь себе подобен, весь — глаз, весь — ухо, весь — мозг, весь — рука, весь — сила чувствования, разумения и действования, но по способу... для нас совершенно неведомому”.

Парменид отнес важнейшие свойства ксенофановского бога к более реальному понятию *бытия*. По-видимому, он впервые резко разграничил сущность мира, бытие как таковое (“постигаемое умом”), с одной стороны, и многообразие наблюдаемых нами вещей (“постигаемое мнением”), с другой стороны. Это противопоставление он смело довел до логического конца и пришел к выводу, что бытие как таковое представляет собой *единый неподвижный и однородный шар*. Получалось, что множество вещей и их движение существуют только в человеческом мнении, а оно “ненадежно и шатко”.

Другие положения философии Парменида здесь нет ни возможности, ни необходимости разбирать. Упомянем только приписываемое ему несколько неожиданное высказывание: “Мыслить и быть — одно и то же” [28, с. 287], удивительно похожее на декартовское: “Мыслю, следовательно, существую”.

И. Д. Рожанский предполагает, что учение Парменида о бытии произвело на его современников огромное впечатление и “было встречено резкой, доходящей до насмешек критикой” [47, с. 19]. Далее он пишет:

“Как свидетельствует Платон, именно эта критика побудила Зенона написать полемическое сочинение, в котором любимый

ученик Парменида доказывал с помощью хитроумных логических аргументов, что допущение множественности вещей и возможности движения приводит к еще бóльшим нелепостям и противоречиям”.

Из дошедших до нас сведений об аргументах *Зенона* бóльшая часть относится именно к поддержке положения Парменида о невозможности движения. Об этом писал даже Пушкин:

Движенья нет, — сказал мудрец брадатый...

Однако логические конструкции Зенона — их называют *апориями*, так как каждая из них содержит то или иное противоречие, — имеют намного более широкое значение. На протяжении уже двух с половиной тысячелетий они будят мысль ученых. Посвященная им литература необозрима. Диапазон мнений об апориях Зенона простирается от высказывания: “Этот грек был идиотом” до осторожного признания того, что нам сейчас приходится “на неизмеримо более высоком уровне развития науки возвращаться снова к проблематике, связанной с апориями Зенона”. Эта последняя мысль заключает статью [48], которую написала в начале 1960-х годов упоминавшаяся нами Софья Александровна Яновская. Можно только повторить то, что было сказано выше о ее работах: читатель получит и удовольствие, и пользу, если внимательно проработает каждую из них.

Наиболее известную из апорий Зенона кратко называют “Ахиллес и черепаха”. Формулируется она примерно так: быстрый Ахиллес не догонит черепаху, поскольку, добежав до того места, где она находилась, всякий раз обнаружит, что черепаха продвинулась вперед.

Методологическое прерывание 2.5.

Информационный аспект апории “Ахиллес и черепаха”

Большинство нынешних математиков, по-видимому, считает решение апории “Ахиллес и черепаха” очень простым: по их мнению, оно сводится к нахождению предела бесконечной последовательности. Но ведь “на самом деле” Ахиллес не только догоняет, но и легко *перегоняет* медлительную черепаху, в то время как рассуждения о бесконечной последовательности ограничивают его движение точкой встречи с черепахой (да и то только “в пределе”).

Другая группа возражений Зенону основана на отрицании бесконечной делимости пространства (как и времени). Близка к ним интересная концепция японского логика Садео Ширайши [42, с. 117–121; 48, с. 227–232], рассматривавшего близкие друг к другу точки пространства как *неразличимые*. На базе этой концепции С. Ширайши построил непротиворечивую систему аксиом, после обсуждения которой С. А. Яновская в статье [48] сделала несколько неожиданный (вероятно, именно из-за этого вынесенный в примечание) вывод:

“...Мне представляется естественным предполагать, что теория движения вообще не может быть конечно-аксиоматизируемой теорией и что аксиоматические способы построения теории здесь не по существу”.

Запомним этот вывод: к вопросам аксиоматики предстоит вернуться в следующих разделах данной работы.

Еще одна группа трактовок апории “Ахиллес и черепаха” предполагает в ней некий логический подвох, например изменение условий движения Ахиллеса. Нечто подобное можно найти уже у Аристотеля (от которого мы и получили основные сведения об апориях Зенона).

Одним из последних очень резко высказался в этом духе Александр Александрович Зиновьев, автор известных “Зияющих высот”, “Катастрофы”, “Глобального человекика” и других публикаций на социологические темы:

«...Разрешая “парадоксы Зенона”, различные авторы под этим названием решают какие-то свои разнообразные проблемы, а не действительные парадоксы, которые либо тривиальны, либо не существуют вообще» [49, с. 153].

Переходя далее к конкретной апории “Ахиллес и черепаха”, он еще раз резко критикует предшественников:

“...Всякие ссылки на математику и физику при попытках разрешить парадокс лишены смысла, ибо вывод [что Ахиллес не догонит черепаху] получен не по правилам логики, а на основе каких-то психологических и языковых ассоциаций”.

После этих неясных упреков он высказывает собственные соображения, начиная с требования переформулировать условия в формальном стиле, а затем предлагает свое решение:

“...Пока черепаха не преодолела расстояние s^i , Ахиллес не должен преодолевать расстояние, превышающее $s^i - 1$... При этом условии Ахиллес действительно не догонит черепаху. Но это лишь в случае абстрактного процесса. Для эмпирического же процесса... наступает момент, когда Ахиллес вступает в соприкосновение с черепахой, — интервал между ними достигает минимального”.

По А. А. Зиновьеву, это означает, что “между ними нельзя уже поместить никакой индивид”.

Думается, что при всем зиновьевском апломбе его рассуждение выйдет не слишком убедительным, как и сама попытка вывести априорно, чисто логическим путем существование “минимального интервала” (а также, между прочим, и *максимальной возможной скорости движения* [49, с. 152]).

Автор настоящей работы счел возможным вплести свой голос в хор философов, обсуждающих апорию “Ахиллес и черепаха”, и предложить гносеологический, или, иными словами, информационный, подход к ней [50]. Этот подход заключается в постановке вопроса: каким образом Ахиллес может *узнать*, что он добежал до места, на котором находилась черепаха?

Очевидно, есть два способа это сделать. Первый способ состоит в том, чтобы перед началом бега измерить расстояние до черепахи и затем пробежать как раз это расстояние. Второй способ — послать черепахе сигнал с просьбой поставить метку в том месте, где она в данный момент находится, и затем бежать до метки. Первый способ требует больших затрат, но зато не связан с получением услуг от черепахи.

Приняв первый способ, можно переформулировать условия апории в виде *алгоритма* действий Ахиллеса:

- 1) выяснить, имеется ли впереди черепаха;
- 2) если черепаха обнаружена, измерить расстояние до нее, иначе выйти из алгоритма и бежать дальше, уже не думая о Зеноне;
- 3) бежать, пока не будет пройдено измеренное расстояние;
- 4) перейти к п. 1.

По мере сближения Ахиллеса с черепахой измерительные операции становятся более частыми и одновременно более затратными, так как измерения уменьшающихся расстояний требуют возрастающих затрат энергии. В реальном мире это должно привести

к замедлению бега Ахиллеса, а в случае исчерпания всей его энергии он просто упадет замертво, не догнав черепаху, но зато *почти точно* определив координату точки встречи.

Реальный Ахиллес, вероятно, избрал бы другой выход — на какой-то стадии бега он отказался бы от выполнения п. 2 алгоритма и вышел из него, прекратив все измерительные операции. Тогда он легко обогнал бы черепаху, но зато не смог бы сказать, в какой точке это произошло. Получается, что апория приводит к своего рода соотношению неопределенностей!

Заметим, что выбор Ахиллесом второго способа получения информации — от черепахи — лишь незначительно усложняет рассуждения. С одной стороны, Ахиллес все-таки должен выполнять операции получения информации (для обнаружения черепахи впереди себя и для обнаружения поставленной ею метки). С другой стороны, в этом случае черепахе тоже достаются некоторые информационные операции — ей нужно получить и обработать сигнал от Ахиллеса, а затем поставить метку. Поэтому ее движение тоже может замедлиться, и общий результат скорее всего сведется к тому, что Ахиллес перегонит черепаху в тот момент, когда она будет занята обработкой принятого сигнала (при этом он не найдет очередной метки).

Из сказанного можно сделать два вывода: во-первых, всегда полезно ставить вопрос о том, каким образом можно *узнать* выполнение того или иного условия; во-вторых, в некоторых случаях возможно представление логического парадокса или иной задачи в виде *алгоритма*. Это позволяет если не решить задачу, то по крайней мере взглянуть на нее под новым углом зрения.

Возврат из прерывания 2.5.

По-видимому, непредставима в виде алгоритма другая апория Зенона — “Дихотомия”. Имеется в виду утверждение, что движение не может не только закончиться, но и *начаться*, так как движущийся, прежде чем пройти некоторый путь, должен пройти его половину, а до этого половину половины и так до бесконечности.

Соответственно и попытка построить алгоритм в виде последовательности решений — пройдена ли половина пути? если нет, то пройдена ли половина половины? и т. д. — не удастся, так как эта последовательность (прав Зенон!) уходит в бесконечность.

Лучше соответствующим духу этой апории представляется соображение Аристотеля о том, что в ней бесконечно делится не только пространство, но и время, поэтому нет ничего удивительного в том, что бесконечное количество отрезков пути проходится за соответствующее ему бесконечное количество интервалов времени.

Еще одну апорию, относящуюся к движению, — “Стрела” — изложим с помощью цитаты из статьи С. А. Яновской:

«Апория “Стрела” состоит в том, что если время складывается из неделимых “теперь” и всякое тело всегда либо покоится, либо движется, то, так как в течение неделимого “теперь” тело не может двигаться (иначе “теперь” подразделилось бы на части, соответствующие различным положениям тела), то в каждом “теперь” оно должно покоиться. Поскольку же ничего, кроме “теперь”, во всем промежутке времени нет, то тело вообще не может двигаться» [48, с. 225].

Более кратко (выкинув подробные обоснования) формулируют апорию “Стрела” тремя словами: “Летающая стрела покоится”.

Методологическое прерывание 2.6.

Снова о движении (в связи с апорией “Стрела”)

С. А. Яновская, комментируя в статье [48] апорию “Стрела”, ссылается на “хороший и ясный обзор различных уточнений понятий движения и покоя, предложенных в целях решения трудностей, вскрытых Зеноном”, содержащийся в статье представителя львовско-варшавской школы логиков К. Айдукевича. Эта статья была опубликована в 1956 году на немецком языке.

Исключительно важными представляются собственные соображения Софьи Александровны по поводу обзора К. Айдукевича, изложенные ею следующим образом:

«Характерной чертой всех этих решений является, однако, то обстоятельство, что в целях обоснования непротиворечивости движения, в осуществимости которого никто на самом деле не сомневался, авторы их пользуются допущениями об осуществимости вещей, *заведомо не осуществимых* (курсив мой. — В. К.): о том, что можно (с абсолютной точностью) уловить непротяженный (идеальный) момент времени; о том, что можно сопоставить с каждым идеальным моментом времени не менее идеальную, лишенную

всяких измерений и поэтому нематериальную точку пути; о том, что всякую такую точку можно полностью индивидуализировать, “задав” ее действительным числом, т. е. не смущаясь тем, что при этом должно предполагаться известным всё бесконечное множество десятичных цифр каждого (из некоторого несчетного множества их) действительного числа, и др. В действительности такие допущения не препятствуют научности теории только потому, что последняя содержит в себе способы ее конечного приближенного истолкования, отнюдь не при всех условиях применимого без противоречий. А как раз эти способы в решениях диалектических трудностей, связанных с отображением движения, обычно не обсуждаются».

Видно, что рассуждения С. А. Яновской носят гносеологический, информационный характер: “уловить” момент времени и точку пространства — это значит получить о них информацию, а “индивидуализация” точки с помощью действительного числа фактически сводится к измерению координаты этой точки на некоторой линии.

Здесь мы снова встречаемся с той проблематикой, которая обсуждалась (и почти теми же словами!) в методологическом прерывании 2.4. Это почти дословное повторение неудивительно — ведь речь опять идет об “отображении движения”. Но здесь яснее выступает диалектический аспект движения — летящая стрела *находится и одновременно не находится* в данном месте.

Почему Софья Александровна не раскрыла подробно тех “способов конечного приближенного истолкования теории”, которые, по ее словам, “обычно не обсуждаются”? Тут возможны два предположения: либо эти способы казались ей очевидными и не требующими раскрытия, либо, наоборот, раскрытие этих способов представлялось слишком трудным делом, которое она не могла выполнить — по крайней мере, в рамках статьи об апориях Зенона.

Для информационной техники очень плодотворной представляется еще одна мысль Яновской:

«В действительности суть дела состоит в том, что “идеально точные” величины являются лишь огрубленным, упрощенным приближением к тому, что нам нужно при их помощи отобразить,

хорошим приближением, поскольку мы таким образом отвлекаемся от расплывчатости границ исследуемых объектов или явлений...» [48, с. 233].

Кажется парадоксом то, что *идеальная точность* рассматривается Софьей Александровной как *огрубление*! Это надо хорошо прочувствовать!

Здесь уместно вспомнить об интенсивных дискуссиях, связанных с введением в метрологическую практику нового понятия *неопределенности*. “Расплывчатость границ исследуемых объектов” означает *неопределенность самих этих объектов*, а значит, в частности, неприменимость к ним понятия истинного значения измеряемой величины.

Сопоставим с непростыми рассуждениями С. А. Яновской совсем другой подход к диалектическому положению о том, что *движущееся тело находится и в то же время не находится в данном месте*, — подход, принадлежащий уже упоминавшемуся выше А. А. Зиновьеву. Он пишет:

“Эмпирически замечены случаи, когда о перемещающемся предмете нельзя сказать, что он находится в некотором месте, и нельзя сказать, что он не находится в этом месте, т. е. когда имеет место переходное состояние” [49, с. 143].

И далее это выражается логической формулой $\sim P(a) \wedge \sim \neg P(a)$. Всё дело, оказывается, в том, что нужно различать два вида отрицания: отрицание предиката $\neg$ и отрицание высказывания $\sim$, и тогда диалектическое противоречие легко “разрешается” методами формальной логики!

Пожалуй, хуже всего здесь то, что объективно существующее движение рассматривается с чисто субъективных позиций: “нельзя сказать...”. Это, конечно, тоже информационный подход, но все-таки Зиновьев перешел какую-то грань и совсем оторвался от объективной реальности. К тому же крайне несерьезно выглядит посылка Зиновьева “эмпирически замечены случаи...” — ведь механическое движение является не каким-то особым случаем, который нужно “замечать”, а одним из наиболее массовых процессов, наблюдаемых человечеством.

Представляется, что подход к проблеме описания движения С. А. Яновской (которая ведь тоже была специалисткой по мате-

матической логике, но прекрасно ощущала границы ее применимости) намного плодотворнее примитивного решения А. А. Зиновьева. Более общий вывод, пожалуй, можно сформулировать так: нельзя решать проблемы объективной реальности, находясь “внутри” математической логики, — как бы соблазнительно ни выглядели ее громоздкие формулы.

Возврат из прерывания 2.6.

Известна еще одна довольно сложная апория Зенона, относящаяся к движению; она называется “Стадий”. Ее упрощенное изложение тоже можно найти в статье [48], а мы вместо нее рассмотрим другую апорию, не связанную прямо с движением, — “Просяное зерно”.

Приведем текст Симпликия, содержащий эту апорию (*медимн* — это единица объема, около 59 литров):

«“Скажи-ка мне, Протагор, — сказал [Зенон], — издает ли шум при падении одно просяное зернышко или одна десятитысячная часть зернышка?” Тот сказал, что не издает. “А медимн просяных зерен, — спросил [Зенон], — издает ли шум при падении или нет?” Когда тот ответил, что медимн издает шум, Зенон спросил: “Ну а нет ли пропорции между медимном просяных зерен и одним зернышком или десятитысячной частью одного зернышка?” Тот сказал, что есть. “Ну так не относятся ли между собой шумы в той же пропорции, — спросил Зенон, — как шумящие, так и шумы, не так ли? А раз это так, то, если шумит медимн проса, должно шуметь и одно просяное зернышко и одна десятитысячная часть зернышка”. Так формулировал апорию Зенон» [28, с. 313].

Представляется, что в этом фрагменте вместе взятые вопросы Зенона в какой-то степени аналогичны вопросу, составляющему сущность апорий движения: каким образом непрерывный отрезок может состоять из непротяженных точек? Если это так, то апория “Просяное зерно” интересна прежде всего тем, что в ней фигурирует континуум, не являющийся (в отличие от других апорий) *ни пространственным, ни временным*. В данном случае это — континуум размеров свойства “производить шум”, но, вообще говоря, можно было бы выбрать и какое-то другое свойство.

Можно отметить и другую интересную особенность апории “Просяное зерно”: ни Зенону, ни беседующему с ним Протагору,

по-видимому, не пришла в голову мысль, что могут быть законы природы, *не сводящиеся к простой пропорциональности.*

Методологическое прерывание 2.7.

Различие сущности и явления

Концепция Парменида о принципиальном различии сущности бытия, “постигаемой умом”, и наблюдаемых явлений, “постигаемых мнением”, была доведена у элеатов логическим путем почти до абсурда. Но в том или ином смягченном виде она всплыла у многих последующих философов.

И. Д. Рожанский утверждает, что впервые у родоначальника атомистики Левкиппа (который, возможно, был учеником Зенона) парменидовское противопоставление истины мнению приняло форму “различия между действительными свойствами атомов и вызываемыми ими ощущениями” [47, с. 24]. Отсюда следует вывод: “Таким образом, впервые в истории философии мы находим у Левкиппа различие того, что впоследствии получило наименование первичных и вторичных качеств”.

Соратнику Левкиппа Демокриту приписывают слова: “Условно горячее, условно холодное, условно горькое, условно сладкое, условен цвет. В действительности существуют только атомы и пустота”.

Эту идею в дальнейшем разрабатывали различные философы. Считается, что в наиболее развернутом виде концепцию “первичных и вторичных качеств” изложил Джон Локк в конце XVII века. А один из крупных современных ученых, размышляя о разнообразии окружающих его вещей, не мог отделаться от мысли, что *истинной реальностью*, стоящей за этими вещами, является *метрический тензор!*

Материалистическая диалектика не разделяет сущность и явление непреходимой стеной. Она настаивает на том, что через явление можно познать сущность.

Возврат из прерывания 2.7.

Ненамного старше Парменида был его современник Гераклит Эфесский, а годы жизни более молодого Зенона Элейского почти совпадали с годами жизни Эмпедокла, который, как и Зенон, слушал Парменида (а также, возможно, Пифагора и Анаксагора).

Нужно сказать хотя бы несколько слов о Гераклите и Эмпедокле, а кроме того, упомянуть Алкмеона из Кротона, о котором до сих пор ничего не говорилось. По мнению Аристотеля, Алкмеон достиг зрелого возраста, когда Пифагор уже состарился [32, с. 76].

От **Гераклита** осталось большое число высказываний в виде отрывочных фраз, не всегда допускающих однозначное толкование. В целом мир Гераклита представляет собой полную противоположность неподвижному “бытию” Парменида: он текуч (хотя известные слова “все течет” на самом деле отсутствуют среди сохранившихся речей Гераклита), противоречив, наполнен борьбой. По некоторым сведениям Сократ сказал о переданном ему сочинении Гераклита: “Что понял — великолепно, чего не понял, думаю, тоже, а впрочем, нужен прямо-таки делосский ныряльщик” [28, с. 179]. По-видимому, таким образом Сократ оценил одновременно глубину и “темноту” Гераклита.

Фрагментов, имеющих отношение к информационной сфере, у Гераклита немного. Приведем, например, фразу, в которой можно при желании разглядеть вероятностный подход к природе: “Век — дитя играющее, кости бросающее, дитя на престоле” [Там же, с. 242] — мысль, дословно противоположная эйнштейновскому “Бог не играет в кости”.

Другое высказывание Гераклита: “Здравый рассудок — у всех общий” [Там же, с. 198] — можно понять в тривиальном смысле, как одинаковость мышления людей, но, по-видимому, возможно и другое толкование — как существование некоего разумного начала, внешнего по отношению к людям. В пользу последней трактовки говорят еще два фрагмента, посвященные отношению людей к *логосу* — некоему всеобщему управляющему началу. Один из них: “...хотя логос общ, большинство живет так, как если бы у них был особенный рассудок” [Там же, с. 198]; другой: “...с чем [логосом] они в самом непрестанном общении, с тем они в разладе” [Там же, с. 191].

Представляется, что гераклитовская концепция логоса, общего для всех людей, уже напоминает — конечно, очень отдаленно! — “ноосферу” нашего соотечественника и современника Владимира Ивановича Вернадского.

Приведем еще свидетельство греческого философа Секста Эмпирика (около 200–250):

“Одни помещают сознание вне тела, как, например, Энесидем, следуя Гераклиту, а другие — во всем теле, как некоторые, следуя Демокриту... Другие отождествляют его с ощущениями и полагают, что оно выглядывает из органов чувств, словно из окошек...” [28, с. 251–252].

Энесидем — это греческий философ-скептик I века до нашей эры. Как видно, вопрос о местоположении сознания обсуждался *веками* — ведь Гераклит жил на грани VI–V веков до нашей эры, а Секст Эмпирик — в III веке нашей эры!

В этом отношении резко выделяется **Алкмеон** Кротонец, современник Гераклита, врач по профессии. Он, вероятно, первым, несмотря на запреты, занялся анатомированием и совершенно правильно определил роль головного мозга. Прочитируем — в сокращенном виде — два свидетельства. Одно из них принадлежит ученику и преемнику Аристотеля Теофрасту (“Об ощущениях”):

“К числу тех, кто не объясняет ощущение подобием [органа и объекта], принадлежит Алкмеон... Он различает мышление и ощущение, а не отождествляет их, как Эмпедокл. Затем он говорит о каждом [ощущении] в отдельности. Слышат, по его словам, ушами, потому что в них имеется пустота... Вкусы различают языком... Глаза видят через окружающую влагу. Что [глаз] содержит огонь — очевидно, ибо при ударе [по глазу огонь] вспыхивает... Все ощущения некоторым образом прикреплены к головному мозгу” [Там же, с. 268–269].

Отметим, что чаще можно встретить другое написание имени процитированного автора: Теофраст. Годы его жизни: 372–287.

Другое свидетельство дает Халкидий, комментатор Платона:

“Рассмотрим строение глаза, о котором, помимо многих других, много замечательных открытий сделали Алкмеон Кротонский... впервые дерзнувший предпринять иссечение, а также ученик Аристотеля Каллисфен и Герофил. По их мнению, есть две узкие дорожки, идущие от головного мозга (в котором расположена высшая и главенствующая способность души) к глазным впадинам и содержащие врожденную пневму...”

Изучение того, что мы сейчас называем сенсорными системами живых организмов, является существенной частью информационной сферы деятельности. Как видно, оно было начато еще в досократовское время.

Представления греков о работе сенсорных систем были разнообразными. Были и такие мнения: “По словам Гиппарха, лучи, которые вытягиваются из каждого глаза, своими концами, словно прикосновениями рук, ощупывают внешние тела и передают восприятие к органу зрения. Некоторые приписывают это мнение и Пифагору как авторитету в математических науках и, кроме того, Пармениду, который обнаруживает этот взгляд в своих стихах” [28, с. 284]. О зрительных лучах, исходящих из глаз, говорил даже Аристотель!

Противоположное представление состояло в том, что от объектов исходит нечто, взаимодействующее с органами чувств. Здесь тоже были варианты. Вот как это излагает Теофраст (“Об ощущениях”):

“...Теории ощущения сводятся к двум: одни объясняют [ощущение] принципом подобия, другие — принципом противоположности. Парменид, Эмпедокл и Платон — принципом подобия, последователи Анаксагора и Гераклита — принципом противоположности... Эмпедокл обо всех ощущениях полагает одинаково: а именно он утверждает, что ощущение происходит благодаря подогнанности [объектов ощущения] к порам каждого [органа чувств]. Потому-то одни [из органов чувств] и не могут различать объекты других, так как у одних поры слишком широки, у других слишком узки по сравнению с воспринимаемым объектом, так что одни объекты проникают [в поры] с легкостью, не задевая их, а другие вовсе не могут войти” [Там же, с. 373].

По современным воззрениям примерно так работает механизм обоняния, только запахи различаются не “порами” различной ширины, а молекулами различной конфигурации. Зрение, слух, осязание действуют иначе.

Наиболее заметная часть учения *Эмпедокла* относится к строению материального мира. Эти его идеи надолго остались в истории философии.

Вот свидетельство античного автора:

“Эмпедокл, сын Метона, акрагантец, полагает четыре элемента: огонь, воздух, воду и землю — и две силы в качестве движущих причин: Любовь и Распря, первая из которых соединяет, а вторая разделяет” [Там же, с. 356].

В современной нам литературе эмпедокловские *элементы* — огонь, воздух, воду и землю — нередко именуют также *стихиями*.

Методологическое прерывание 2.8. **Происхождение понятия “элемент”**

Греческое слово στοιχεῖον (“стойхейон”), соответствующее по значению латинскому *elementum* и в некоторых случаях переводимое на русский созвучным словом *стихия*, первоначально обозначало *букву* и соответствующий ей произносимый звук [51, с. 10].

Вспомним, что выше, в методологическом прерывании 2.3, прослеживалось распространение *измерительных* понятий на более широкие области. Здесь мы имеем аналогичный пример распространения понятия, но только возникшего в другой части информационной сферы — в письменном *языке*.

Подчеркнем важное обстоятельство: “системное” понятие *элемент* первоначально возникло в *информационной сфере*!

Обращение к буквам или слогам как своего рода образцовым, типовым элементам некоторой *системы* — соответственно, слога или слова — встречается у античных авторов неоднократно. Конечно, при этом надо иметь в виду, что, во-первых, само понятие системы вошло в научный обиход сравнительно недавно и, во-вторых, слово (и тем более слог) представляют собой очень малые системы — можно даже сказать “микросистемы”.

Тем не менее именно на языковых примерах античные философы пришли к известной “системной” мысли о том, что *целое есть нечто большее, чем простая сумма элементов*.

В 10-й главе седьмой книги “Метафизики” Аристотель ставит вопрос: “должно ли обозначение отдельных частей содержаться в обозначении целого или нет?” [32, с. 204]. Разбирая этот вопрос, он пишет:

“...Обозначение круга не заключает в себе обозначения отрезков, а в обозначение слога входит обозначение элементов, ибо элементы слога суть части обозначения формы [в другом переводе — эйдоса], а не материи, между тем отрезки круга — это части в смысле материи, в которой осуществляется форма” [Там же, с. 205].

В этом примере сопоставляются два идеальных объекта, причем один является “микросистемой” (состоящей из элементов-букв), а другой не является, и поэтому части, на которые его можно делить, не могут рассматриваться как элементы.

Можно найти аналогичное сопоставление и в вещественной сфере. Вот отрывок из “Протагора” Платона:

“В таком ли смысле части... как вот части лица — рот, нос, глаза, уши, или же как части золота, которые ничем не отличаются друг от друга и от целого, кроме как большею либо меньшею величиною?” [47, с. 110].

Заметим, однако, что в тексте Аристотеля наиболее значима первая часть (об элементах слога), а в тексте Платона — вторая (о частях золота). И. Д. Рожанский даже счел этот последний пример единственным в доаристотелевской литературе описанием таких не отличающихся друг от друга и от целого частей, которые в дальнейшем получили название *гомеомерий* (подобочастных). Это понятие нам еще встретится при обсуждении взглядов Анаксагора.

Понятие элемента — и буквы как “образцового” элемента — естественным образом сочеталось с атомистическим учением. Василий Павлович Зубов начал свое фундаментальное исследование атомистических представлений [51] ссылкой на четвертую главу первой книги “Метафизики” Аристотеля:

“...Атомисты Левкипп и Демокрит клали в основу всех различий между вещами три отличительные особенности атомов: форму, порядок и положение. Это утверждение иллюстрируется сравнением с буквами: *A* отличается от *N* формой, *AN* от *NA* порядком, *Z* от *N* положением”.

Там же Зубов привел цитату из второй главы первой книги трактата Аристотеля “О возникновении и уничтожении”, где опять-таки делается сравнение вещей с буквами: “Ведь трагедия и комедия составляются из одних и тех же букв”.

Буквы и слоги в качестве типовых элементов встречаются и в других ситуациях. В 11-й книге “Исповеди” Аврелия Августина (как уже было сказано, годы его жизни: 354—430) имеется фрагмент, посвященный *измерению времени*. К его обсуждению мы еще вернемся, а пока приведем его заключительную часть — п. 35 и начало п. 36:

«35. Deus creator omnium (“Господь всего создатель”) — стих этот состоит из восьми слогов, кратких и долгих, чередующихся между собой; есть четыре кратких: первый, третий, пятый, седьмой; они однократны по отношению к четырем долгим: второму, четвертому, шестому и восьмому. Каждый долгий длится вдвое дольше каждого краткого: я утверждаю это, произнося их: поскольку это ясно воспринимается слухом, то оно так и есть.

Оказывается — если доверять ясности моего слухового восприятия — я вымеряю долгий слог кратким и чувствую, что он равен двум кратким. Но когда один звучит после другого, сначала краткий, потом долгий, как же удержать мне краткий, как приложить его в качестве меры к долгому, чтобы установить: долгий равен двум кратким. Долгий не начнет ведь звучать раньше, чем отзвучит краткий. А долгий — разве я измеряю его, пока он звучит? Ведь я измеряю его только по его окончании. Но, окончившись, он исчезает. Что же такое я измеряю? Где тот краткий, которым я измеряю? Где тот долгий, который я измеряю? Оба прозвучали, улетели, исчезли, их уже нет, а я измеряю и уверенно отвечаю (насколько можно доверять изошренному слуху), что долгий слог вдвое длиннее краткого, разумеется, по длительности во времени. И я могу это сделать только потому, что эти слоги прошли и закончились. Я, следовательно, измеряю не их самих — их уже нет, — а что-то в моей памяти, что прочно закреплено в ней.

36. В тебе, душа моя, измеряю я время. Избавь меня от бурных возражений; избавь и себя от бурных возражений в сумятице своих впечатлений. В тебе, говорю я, измеряю я время. Впечатление от проходящего мимо остается в тебе, и его-то, сейчас существующее, я измеряю, а не то, что прошло и его оставило. Вот его я измеряю, измеряя время. Вот где, следовательно, время или же времени я не измеряю».

Видно, что Августин использовал слоги как своего рода образцовые (по длительности) события — элементы произносимого текста. Вряд ли он мог подобрать лучший пример процесса, содержащего события различной длительности, который был бы заведомо известен его читателям.

Итак, буквы и слоги послужили сначала исходным пунктом для формирования понятия *элемент*, а затем хорошим материалом для выбора в качестве примеров тех или иных элементов.

Возврат из прерывания 2.8.

Современные нам историки полагают, что в учении о четырех элементах, соединяющихся в различных пропорциях, Эмпедокл предвосхитил основные идеи химии. Что касается Любви и Распри (в русских текстах встречаются также синонимы, например Вражда, Ненависть), то к ним историки относятся со своего рода снисходительной усмешкой.

И. Д. Рожанский видит в этих представлениях даже один из “очень ярких рецидивов мифологического мышления” [47, с. 23]. По-видимому, до сих пор остается незамеченным, что “движущие причины” Эмпедокла по существу совпадают с *притяжением* и *отталкиванием*, которые в XIX веке Фридрих Энгельс рассматривал в своей “Диалектике природы” как *сущность материи* (ссылаясь при этом еще и на Г. В. Ф. Гегеля). И не следовало бы потешаться над тем, что механизмы действия Любви и Распри не были объяснены Эмпедоклом — ведь и мы по существу не знаем механизма тяготения.

Из высказываний Эмпедокла на конкретные темы отметим утверждение о том, что свету Солнца требуется некоторое время, чтобы дойти до Земли [28, с. 366]. Не только самоуверенный Аристотель с этим не соглашался [32, с. 409]. Даже Рене Декарт в XVII веке считал распространение света мгновенным!

На Эмпедокле закончим рассмотрение греческой науки периода “ранней классики”. Заметим, что годы жизни Эмпедокла и Зенона формально относятся уже к периоду расцвета Афин. Оба эти философа, по-видимому, были даже несколько моложе Анаксагора, о котором речь пойдет в следующем разделе. Но дело ведь не столько в хронологической шкале, сколько в том, что Эмпедокл и Зенон жили и работали не в Центральной Греции, а в одной из тех периферийных областей греческого мира, где начиналось развитие античной науки. Правда, имеется свидетельство о том, что Парменид и Зенон вместе посещали Центральную Грецию и, возможно, популяризировали там свое учение.

2.4. Развитие информационной сферы в период расцвета Афин

Согласно И. Д. Рожанскому, который посвятил основательную монографию Анаксагору из Клазомен, этот философ “был первым, кто приобщил бурно развивавшуюся общественную жизнь Афин к ионийской учености и таким образом явился основоположником афинской философской школы” [47, с. 5].

Согласимся с этим с той оговоркой, что Афины периода расцвета дали не одну, а несколько заметно различающихся философских школ. Некоторые из них, под названием длительных философских традиций, перечислил сам Рожанский — это атомистика, платонизм и перипатетическая (аристотелевская) школа.

Но вот учение самого Анаксагора оказалось слишком своеобразным, чтобы привести к появлению такой же “длительной философской традиции”. Похоже, что даже ближайшие ученики этого философа не смогли продвинуться дальше по его пути, а только отступили от этого пути.

Полтора века, составляющие период расцвета Афин, вместили в себя деятельность многих людей науки. Среди них — только что упомянутый Анаксагор, родоначальники атомистической теории Левкипп и Демокрит, затем величайшие философы античного мира Сократ, Платон и Аристотель; к этому же периоду относится математическое творчество Архита, Теэтета, Евдокса. Научное наследие всех этих деятелей весьма велико, и о нем придется говорить отрывочно, по возможности выбирая то, что представляется относящимся к информационной сфере.

В работе [47, с. 20] видим указание на то, что Эмпедокл, Анаксагор и Левкипп, будучи современниками — даже близкими по возрасту, выдвинули, в противоположность элеатам (а также и первым ионийцам), “основной тезис”, состоявший в том, что бытие нужно рассматривать не как *единое*, а как *многое*. Этот переход к *многому* имеет прямое отношение к информационной тематике: ведь согласно одной из концепций информации, развиваемой в нашей стране А. Д. Урсулом (см. [52] и более поздние работы того же автора), она представляет собой *отраженное разнообразие*.

При некоторой общности основных идей трех названных философов конкретное их содержание у каждого из них свое. У Эм-

педокла многое — это четыре элемента (“стихии”), которые, как уже было сказано, соединяются в разных сочетаниях Любовью и разделяются Распрей, порождая все сущее.

Левкипп предположил существование множества вечных, неизменных и неделимых атомов, движущихся в пустоте — в том самом “небытии”, которое решительно отрицал Парменид (а впоследствии также Платон и Аристотель). Таким образом, — запомним это! — уже в V веке до нашей эры существовали резкие разногласия по вопросу о существовании пустоты.

Что касается *Анаксагора*, то, например, Аристотель не один раз противопоставлял его Эмпедоклу — например, в следующей выдержке из трактата “О возникновении и уничтожении”:

“Совершенно очевидно, что последователи Анаксагора и Эмпедокла говорят противоположные вещи. Эмпедокл утверждает, что огонь, вода, воздух, земля — это четыре элемента, и притом более простые, чем плоть, кость и сходные с ними подобочастные. Последователи же Анаксагора считают простыми [телами] и элементами эти [подобочастные], землю же, огонь, воду и воздух признают составными, поскольку они представляют собой смесь всевозможных семян этих [подобочастных]” [53, с. 382].

Еще раз почти теми же словами Аристотель противопоставляет Анаксагора Эмпедоклу в третьей главе третьей книги трактата “О небе”.

Откуда здесь взяли плоть (мясо) и кость — “подобочастные”, т. е. делимые на части, имеющие те же свойства, что и целое? Ответ можно найти, например, в следующем фрагменте Симпликия:

“...Он [Анаксагор] видел, что... от принятия одной и той же пищи, например хлеба, возникает много непохожих: мясо, кости, жилы, мускулы, волосы, ногти, а при случае перья и рога, увеличивается же подобное за счет подобного” [47, с. 263].

Конечно, в хлебе должен присутствовать материал, из которого организм человека или животного строит свои ткани, — уже в ту эпоху люди догадывались о сохранении вещества. Но разве отсюда следует, что именно мясо и все перечисленное (включая, видимо, перья и рога) для Анаксагора были *простыми элементами*?

Считалось, что Анаксагор видел в *каждой* вещи присутствие *всех других* вещей, не воспринимаемых нами по причине их

раздробленности на малые части — “все заключено во всем”! Поэтому и Аристотель говорит о *смеси всевозможных семян* (в другом переводе здесь стоит термин *панспермия*).

Но по современным представлениям и эта трактовка слишком груба. С более тонким анализом сохранившихся (благодаря Симпликию!) фрагментов Анаксагора можно ознакомиться, обратившись к монографии [47]. Здесь нет возможности, да нет и необходимости, излагать этот непростой подход.

Однако несколько других положений Анаксагора обсудить нужно. Важнейшее из них — его *космогоническая гипотеза*. Описание процесса возникновения нашего мира Анаксагор начинает со слов: “Вместе все вещи были, беспредельные и по множеству, и по малости”.

В эту смесь, в которой “ничто не было различимо из-за малости”, было каким-то образом привнесено движение. Причину этого движения Анаксагор обозначает словом *нус*, которое обычно переводят как *ум* (И. Д. Рожанский предпочел оставить *нус* без перевода, чтобы избежать языковых ассоциаций).

Возникший вихрь постепенно разрастался (и продолжает разрастаться!), и в результате вращения “плотное, влажное, холодное и темное собралось там, где теперь земля; редкое же, теплое и сухое ушло в дали эфира” [Там же, с. 81].

Обращает на себя внимание сходство этой картины с концепциями ряда ученых Нового времени, тоже говоривших о вихрях или начале движения.

Первыми по порядку изобретения можно считать эфирные вихри Декарта, которыми этот философ объяснял тяготение. Действительно, если привести во вращение, например, чай в стакане, чаинки соберутся в центре как бы вследствие взаимного притяжения — а греки ведь были уже знакомы с этим явлением, наблюдая его в водоворотах.

Второй, более поздней является теория образования Солнечной системы путем сгущения Солнца и планет из туманности, известная как гипотеза Канта—Лапласа. В этой гипотезе вращение туманности (причина которого была неясной) тоже играло существенную роль.

Наконец, в качестве третьей можно назвать современную идею Большого взрыва и расширяющейся Вселенной — ведь со-

гласно этой идее перед началом расширения поистине “вместе все вещи были”!

Об этом пишет и И. Д. Рожанский:

“...Учение Анаксагора, согласно которому в некоторой точке пространства [неточность? Ведь Анаксагор нигде не говорил об исходном наличии точек пространства] зародился мощнейший космический вихрь, приведший к разделению первичной смеси и к образованию непрерывно расширяющейся сферической Вселенной, невольно вызывает ассоциации с новейшими космологическими концепциями” [47, с. 216].

Правда, несколько выпадает из общей картины утверждение Анаксагора о плоской форме Земли — казалось бы, очевидно, что космический вихрь должен был сделать Землю шарообразной. Но Анаксагору нужно было объяснить неподвижность Земли: оказывается, ее подпирает снизу сжатый воздух.

Нужно еще несколько задержаться на космогонической гипотезе Анаксагора в связи с понятием *нуса*, которое в какой-то степени близко гераклитовскому *логосу*, но, конечно, не совпадает с ним.

Детальный анализ этого понятия не входит в нашу задачу — ему посвящено много страниц книги [47]. Но интересен процесс переосмысления некоторых однокоренных с ним слов, который И. Д. Рожанский излагает, ссылаясь на серию работ К. фон Фритца [Там же, с. 78].

Оказывается, глагол *voeĩv* вначале имел значение, соответствующее нашему *чуть* — сперва в прямом смысле (как собака чует след), затем в переносном (например, “чуют правду”). Дальнейшее развитие привело к тому, что этот глагол, по словам Рожанского, “стал приобретать значение осознания истинного, хотя непосредственно не очевидного смысла ситуации (вещи, процесса)... Кроме того... у глагола *voeĩv* появляется еще оттенок замысла, планирования (в связи с осознанием ситуации)”. Выходит, например, что однокоренная с этим глаголом *ноосфера* нашего В. И. Вернадского происходит в конечном итоге от собачьего чутья!

Другое (наряду с космогонической гипотезой) важное положение Анаксагора — его учение о *бесконечной делимости*, резко противоречащее атомистической теории:

“И у малого ведь нет наименьшего, но всегда еще меньшее. Но и у большого всегда есть большее. И оно равно малому по количеству. Сама же по себе каждая вещь и велика и мала” [47, с. 180].

Как видно, Анаксагор не просто провозглашает бесконечную делимость вещей, а великолепно излагает *диалектику большого и малого* — большое равно малому по количеству, каждая вещь одновременно велика и мала. Эти замечательные идеи мы не будем комментировать.

Заметим только следующее: в 1901 году немецкий ученый О. Хёльдер опубликовал статью, в которой, как считается, впервые дал систему “аксиом величины”. Одна из этих аксиом почти дословно совпадает с положением Анаксагора о том, что “у малого нет наименьшего, но всегда еще меньшее”.

Наряду с концепциями общего характера у Анаксагора можно найти интересные высказывания на конкретные темы. Например, он говорил, что растения имеют дыхание, в какой-то степени объяснил такие явления, как радуга и град. Но вот, пожалуй, самая удивительная его мысль — *человек разумен потому, что имеет руки*. Ведь и сейчас, наверное, не все соглашаются с работой Фридриха Энгельса “Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека”, в которой развивается по существу та же идея.

И. Д. Рожанский, обсуждая эту мысль Анаксагора (и, конечно, вспомнив Ф. Энгельса), привел возражения двух авторитетных ученых древности — Аристотеля и Галена (выдающегося врача II в.). Первый по своему обыкновению попытался найти логический довод: “...руки суть орудие, природа же, подобно рассудительному человеку, распределяет каждому то, чем он способен пользоваться” [Там же, с. 290]. Высказывание второго — голословное отрицание: “...человек... не потому самое разумное животное, что имеет руки, как говорит Анаксагор, но он имеет руки, потому, что он наиболее разумен”.

Перейдем теперь к *Демокриту* (около 460–370 гг. до н. э.), который, как утверждают, был молодым, когда Анаксагор уже состарился. Это — второй после Левкиппа (о котором почти ничего не известно) великий античный атомист. Следующей крупной фигурой этого направления был Эпикур (341–270 гг. до н. э.), а цитируют современные историки науки чаще всего римлянина

Лукреция Кара, который примерно через два века после Эпикура изложил его учение прекрасными стихами.

Демокрит занимался всеми аспектами атомистики — ее физической стороной, включающей космологию, математической стороной (противостоящей концепции континуума), физиологической стороной, объясняющей происхождение ощущений.

С физической точки зрения атомы античности представляют собой частички вещества, обладающие определенной величиной и формой и не допускающие разделения на части. Слово *атом* собственно и означает *неделимый* — либо по причине твердости и непроницаемости, либо в связи с тем, что при делении изменилась бы наиболее существенная характеристики атома, его форма [51, с. 14–15]. Однако мысленно можно выделить в атоме более мелкие части (даже “крючки”).

Разновидностей атомов много — может быть, даже бесконечно много. Эти атомы носятся в пустоте и сцепляются друг с другом, главным образом по известному в древности принципу “подобное стремится к подобному”, образуя вещи — и вообще все, что есть в мире, даже человеческий ум.

Действительно, Аристотель во второй главе первой книги трактата “О душе” свидетельствует:

“...По его [Демокрита] мнению, душа — то же самое, что и ум, а ум состоит из первичных и неделимых тел и способен к движению благодаря мелкости и фигуре своих частиц. Из всех фигур, говорит он, наиболее подвижна шаровидная, а таковы и ум, и огонь” [32, с. 377].

Иногда говорят, что греческому слову *атом* соответствует латинское *индивидуум*, но это неточно: *индивидуум* значит не *неделимый*, а *неразделенный*.

Математической стороне древнегреческого и средневекового атомизма в книге В. П. Зубова [51] посвящена большая глава II. В ней подвергается сомнению распространенное представление о том, что Демокрит вычислял площади геометрических фигур и объемы тел путем подсчета “неделимых”, составляющих эти фигуры и тела. Известно, что такой подсчет приводит к формулам, содержащим лишние члены по сравнению с точными формулами “непрерывной геометрии”, причем влияние этих членов тем меньше, чем большее число “неделимых” участвовало в подсчете.

Но, не соглашаясь с мнением о том, что Демокрит развивал “дискретную геометрию”, В. П. Зубов все-таки цитирует вопрос, приписываемый Демокриту и звучащий примерно так: если конус рассечь плоскостью параллельно основанию, что́ следует думать о поверхностях по обе стороны разреза? Ведь если они равны, конус не будет отличаться от цилиндра?

Между прочим, Зубов не обратил внимания на то, что этот вопрос родствен зеноновской апории “Стрела”: мы берем *одну точку* на образующей конуса и не можем обнаружить в ней скос образующей относительно оси конуса в точности так же, как Зенон не мог обнаружить движение стрелы в *одном моменте* времени. Но Демокриту, пожалуй, проще было ответить, что поверхности не равны.

С позиций истории информационной сферы, по-видимому, представляет наибольший интерес учение атомистов об ощущениях. Зрительные ощущения они объясняли тем, что от видимых предметов отделяются как бы тонкие слои, доносящие до глаз цвет и форму предметов. Цвет определялся формой и расположением частиц, образующих поверхность тела. Наиболее наглядно и подробно атомистическая теория объясняла вкусовые качества. Так, Демокрит считал, что соленое состоит из крупных шероховатых частиц, сладкое — из круглых и гладких, кислое — из крупных частиц, имеющих много углов, горькое — из мелких, гладких, с изогнутой поверхностью и т. д. [51, с. 35–36]. Вряд ли эти фантастические объяснения можно считать шагом вперед в развитии теории сенсорных систем.

Наконец, напомним сказанное в методологическом прерывании 2.7: Демокрит объявлял все ощущения *условными*, потому что “в действительности существуют только атомы и пустота”. По-видимому, диалектика сущности и явления была ему чужда.

Новую эпоху в развитии философии (которая все еще была синтетической наукой, охватывающей все стороны жизни) открыли современники Демокрита — родившийся несколько раньше его Сократ (470/469–399 гг. до н. э.) и один из величайших учеников Сократа, более молодой Платон (427–347 гг. до н. э.).

Поместить этих великих мыслителей в контекст истории информационной сферы довольно трудно как из-за масштаба их

личностей, так и из-за характера их деятельности. Интересующимся читателям придется обратиться к обширной литературе, посвященной этим философам. Например, о Сократе хорошо, хотя и довольно сжато, рассказал в популярной книге [54] Генрих Волков. Нам же достаточно будет выделить лишь некоторые характерные черты Сократа и Платона.

Как известно, **Сократ** не писал научных трудов. Он вел беседы на улицах и в других местах и сравнивал себя с повивальной бабкой, потому что умел хорошо поставленными вопросами или “добыть” у собеседника желательный ему самому вывод, или раскрыть неосознаваемые этим собеседником убеждения. Это впоследствии было названо *сократическим методом*. Например, нынешние историки находят “сократическую тему” в произведениях Г. Галилея, написанных в диалоговой форме. Там, в ходе беседы трех персонажей, придерживающихся различных взглядов, читатель тоже незаметно подводится к нужным выводам, которые становятся как бы его собственными.

Конечно, умение вести дискуссию спокойно, не навязывая своей точки зрения, полезно любому научному работнику. Но здесь хочется отметить другое: способность Сократа приводить собеседника к выводам, которые сам этот собеседник не смог бы четко формулировать, — разве она не родственна тому, что сейчас принято относить к *инженерии знаний*, а именно диалоговой технологии извлечения скрытых знаний из специалиста, который сам не смог бы четко изложить эти знания? Если согласиться с этим, то придется считать Сократа первым в истории экспертом в области инженерии знаний — а ведь она является существенной частью информационной сферы!

Ученики Сократа стали родоначальниками нескольких философских *сократических школ*. Упомянем среди них *мегарскую школу*, основанную учеником Сократа Евклидом из Мегары (около 450—380 гг. до н. э.), который до знакомства с Сократом был приверженцем идей элеатов [55, с. 22—23]. Мегарики внесли заметный вклад в историю логики, которую они понимали как искусство спора.

Среди мегарских логиков выделяется Эвбулид из Милета, которому приписывается открытие ряда логических парадоксов. Среди них наиболее известны “Лжец” и “Куча”.

Парадокс “Лжец” в передаче Аристотеля формулируется так: “Лжет ли тот, кто говорит, что он лжет?” Считают, что первоначальная, не вполне корректная формулировка этого парадокса принадлежала критскому философу VII или VI века до нашей эры Эпимениду Кносскому. Обсуждению парадокса “Лжец” посвящен ряд работ современных нам авторов.

Методологическое прерывание 2.9.

Техническая интерпретация парадокса “Лжец”

Парадокс “Лжец” замечателен тем, что допускает крайне простую техническую интерпретацию, предложенную (возможно, впервые?) автором настоящей работы в докладе [50]. Нужно взять логический элемент “НЕ” или в общем случае нечетное число последовательно соединенных элементов и непосредственно соединить выход элемента (или цепочки элементов) с входом, реализуя таким образом логическое выражение $x = \bar{x}$.

В обычной двузначной логике это выражение не имеет смысла, однако реальная цепь должна как-то функционировать и в этой ситуации. Практика показывает, что возможны даже два варианта функционирования цепи: либо на проводнике, соединяющем выход цепи с ее входом, устанавливается напряжение, промежуточное между “нулем” и “единицей”, либо в цепи возникают высокочастотные автоколебания.

Возвращаясь от технической интерпретации обратно к теоретической логике, видим, что первый вариант соответствует переходу к трехзначной логике, а второй — к введению в логику фактора времени. К чести логиков-теоретиков они сами сумели при анализе парадокса “Лжец” обнаружить оба варианта его разрешения.

Вопрос о том, возможны ли и другие ситуации, в которых техническая интерпретация может быть полезной для разрешения логических трудностей, оставим открытым.

Возврат из прерывания 2.9.

Парадокс “Куча” можно кратко сформулировать так: добавление одного зерна к совокупности нескольких зерен, не обра-

зующих кучи, не делает эту совокупность кучей; следовательно, никакое число зерен не образует кучу.

Представляется, что этот парадокс можно разрешить, если использовать современное понятие *нечеткого множества* и считать множество возможных куч нечетким. Тогда добавление одного зерна к небольшой совокупности зерен просто увеличивает степень принадлежности этой совокупности к множеству куч. Трудно сказать, двигалась ли мысль античных логиков в направлении теории нечетких множеств или нет.

Заметим, что существует как бы обратная формулировка этого парадокса: удаление одного волоса с головы человека не делает его лысым.

Другому логику мегарской школы, Филону (не нужно смешивать его с двумя другими Филонами, которые уже упоминались выше), принадлежит теория так называемой материальной импликации — одной из трактовок логической функции “ЕСЛИ — ТО”. В мегарской школе исследовались и другие трактовки этой функции [55, с. 24–26].

Переходя к *Платону*, выделим как одну из заметных сторон его учения *теорию идей* (историки философии выводят ее из сократовской практики выяснения содержания понятий). Очень кратко можно изложить эту теорию так: воспринимаемые нами вещи являются воплощением вечных и неизменных — противостоящих гераклитовской текучести — *идей*, которые находятся как бы в особом мире, недоступном нашему восприятию. Но этот мир в какой-то степени доступен нашей памяти, поэтому познание есть своего рода воспоминание о мире идей. Получается, что основой познания является умозрение.

Но вместе с тем, как уже было отмечено в методологическом прерывании 2.3, Платон в нескольких своих произведениях высоко оценивал измерение (вернее, количественное сравнение) как источник объективных знаний и полагал, что можно измерять даже “приятное и тягостное” или “наслаждение и страдание” — чего мы до сих пор не умеем делать.

Выражение “платоновская идея” в настоящее время стало нарицательным; его часто употребляют в научных спорах — например, когда хотят сказать, что предлагаемое оппонентом понятие

не связано с реальностью. Между тем само слово *идея*, как и некоторые другие, встречавшиеся нам раньше, имеет вполне земные корни — оно происходит от греческого глагола *δεῖν*, означающего *видеть* [51, с. 13].

В. П. Зубов замечает, что Демокрит иногда называл идеями свои атомы, а также приводит ссылку на словарь Гесихия, где слово *идея* объяснено как *подобие, форма, вид и наименьшее тело*.

Полезно также знать, что в русских переводах античных авторов часто встречается слово *эйдос* (оно уже попадалось нам в методологическом прерывании 2.8), равнозначное словам *форма* и *вид*. Со своей стороны одно и то же русское слово *форма* может стоять в разных местах переведенного текста вместо *нескольких* греческих слов, различающихся по значениям.

Поскольку Платон жил в то время, когда совсем свежа была память о противостоящих друг другу концепциях строения вещества, разработанных Эмпедоклом, Левкиппом и Анаксагором, он не мог не внести свой вклад в это противостояние.

Действительно, он предложил еще одну, совершенно оригинальную концепцию. Аристотель в восьмой главе первой книги трактата “О возникновении и уничтожении” пишет о ней так:

“Учение Платона отличается от учения Левкиппа тем, что, в то время как Левкипп признает неделимыми твердые [частицы], Платон признает таковыми плоскости; у Левкиппа неделимые твердые [частицы] различаются бесконечным множеством фигур, у Платона же [эти фигуры] ограничены [по числу], хотя и тот, и другой говорят о неделимых [телах], имеющих определенную фигуру” [53, с. 409].

Эти платоновские *плоскости*, о которых Аристотель в разных местах вспоминает снова и снова, представляют собой треугольные грани или части граней правильных многогранников, составляющих, по мысли Платона, основу вещества. Пяти *стихий* — земле, воде, воздуху, огню, эфиру — соответствуют пять правильных многогранников, и те стихии, частицы которых содержат в качестве граней треугольники одинаковой формы, способны превращаться друг в друга. Эта картина представлена Платоном в диалоге “Тимей”; ее краткое изложение можно найти в книге Зубова [51, с. 45–46].

Не очень вяжется с обликом Платона как абстрактного мыслителя свидетельство о том, что он устроил в Академии *водяной будильник* для ее участников.

Будильник (рис. 2.14) действовал по принципу сифона. Вода, медленно вытекающая из верхнего сосуда красивой формы, постепенно заполняла средний прямоугольный сосуд, в котором раз-

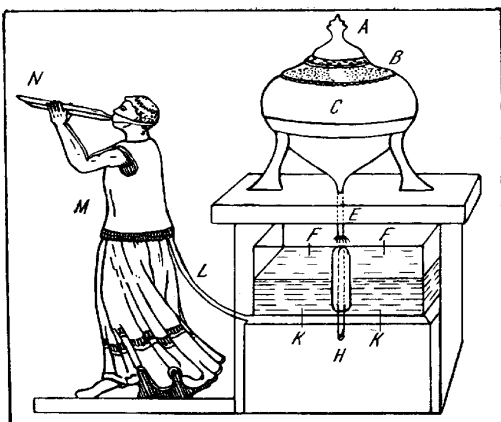


Рис. 2.14. Водяной будильник Платона

мещался сифон. Когда вода доходила до верхней точки сифона, он срабатывал и почти вся вода из среднего сосуда переливалась в нижний, вытесняя из него воздух. Вытесняемый воздух проходил через трубку, проведенную ко рту фигуры флейтиста, и раздавался звук флейты, который приглашал участников Академии на занятия. Таким образом, сифон в этой разработке, которую вполне можно назвать инженерной, действовал как пороговый элемент однократного срабатывания. Вряд ли Платон придумал это устройство сам; представляется более вероятным, что его предложил какой-нибудь его ученик.

В сочинениях Платона математики немного, но, тем не менее, говорят, что над входом в его Академию была надпись, запрещающая вход тем, кто не знает геометрию. Вероятно, Платон считал геометрию средством развития мышления об идеальных объектах. Б. Л. ван дер Варден пишет о Платоне так:

“Он руководил и воодушевлял научную работу как внутри, так и вне своей Академии. Великие математики Теэтет и Евдокс и все другие, перечисленные в каталоге Прокла, были друзьями Платона, его учителями в области математики и его учениками в области философии. Его великий ученик Аристотель, учитель Александра Великого, провел двадцать лет жизни в чудной атмосфере Академии” [19, с. 205].

Человеком, “который познакомил Платона с точными науками”, Б. Л. ван дер Варден называет пифагорейца *Архита* из Тарента. Если верны данные о годах его жизни, Архит был на год старше Платона и умер тоже годом раньше. Платон встречался с Архитом в Италии, еще до основания Академии [44, с. 89–90].

Архит был исключительно многосторонним человеком. Он был государственным деятелем (говорили, что он не проиграл ни одного сражения). В области математики он внес вклад в решение различных проблем теории чисел; предложил, как уже говорилось в методологическом прерывании 2.4, довольно сложное построение с движущимися в пространстве фигурами для решения задачи удвоения куба. Он был также крупнейшим теоретиком музыки — ведь у пифагорейцев музыка была частью математики.

Б. Л. ван дер Варден, ссылаясь на Диогена Лаэртца, утверждает, кроме того, что Архит “был первым, кто дал систематическую разработку механики на математических основаниях”. И при всем этом имеется много свидетельств о том, что он сделал деревянного голубя, который летал, и какую-то детскую трещотку [28].

Тезтет прославился открытием двух правильных многогранников — октаэдра и икосаэдра (куб, тетраэдр и додекаэдр были известны ранее), а также основательным исследованием различного рода иррациональностей — ван дер Варден насчитал 13 их видов [19, с. 235].

Сейчас историки математики записывают соответствующие выражения в буквенном виде, используя знак квадратного корня. Но Тезтет, как и его современники, мыслил геометрическими образами и говорил, например, об условиях несоизмеримости сторон квадратов, имеющих соизмеримые площади.

Нужно заметить, что греки строго соблюдали то, что мы сейчас назвали бы осмысленностью размерностей. Если некоторая величина рассматривалась как отрезок прямой, из нее нельзя было извлекать корень, не превратив ее предварительно в площадь с помощью вспомогательного отрезка единичной длины. Наоборот, произведение отрезков, имеющее размерность площади, нельзя было возводить в квадрат, так как квадрат площади не имеет геометрического смысла [Там же, с. 232–233]. Впоследствии математики отказались от этой строгости. Было ли это шагом вперед, как

считают историки, или потерей — об этом, может быть, стоит задуматься.

Пожалуй, из окружения Платона наибольший интерес с позиций истории информационной сферы представляет *Евдокс* Книдский. По словам Б. Л. ван дер Вардена, “Евдокс был знаменит не только как математик, но и как медик, а прежде всего как астроном; кроме того, он был замечательным оратором, философом и географом” [19, с. 243]. После обучения в Академии и путешествия в Египет он основал собственную школу в Кизике, на южном берегу Мраморного моря [44, с. 97].

Евдокс, по-видимому, первым объединил длины отрезков, площади фигур и объемы тел общим понятием *величины*, которое сейчас (в еще более обобщенном виде) является одним из основных вообще в науке. Стало возможным доказывать некоторые теоремы и формулировать аксиомы не отдельно для длин, площадей и объемов, а сразу для любых величин. Таковы, например, аксиомы (вероятно, принадлежащие Евдоксу), которые впоследствии были помещены в первую книгу “Начал” Евклида:

“Величины, равные одной и той же, будут равны и между собой. И если к равным прибавить поровну, то будут равны и суммы. И если от равных отнять поровну, то и остатки будут равны. И величины, совмещающиеся друг с другом, равны. И целое больше своей части” [19, с. 253].

Евдокс развил *теорию отношений* (в смысле *ratio*, а не *relation*), замечательную тем, что она была одинаково применима к соизмеримым и несоизмеримым величинам. Есть основания считать, что соответствующие определения из пятой книги Евклида тоже восходят к Евдоксу:

“Определение 3. Отношение есть некоторая связь по величине между однородными величинами.

Определение 4. Говорят, что величины находятся друг к другу в [некотором] отношении, если они, будучи взяты подходящее число раз кратными, могут превзойти одна другую.

Определение 5. Говорят, что величины находятся в том же самом отношении, первая ко второй и третья к четвертой, если любые одинаковые кратные первой и третьей будут одновременно обе или больше, или равны, или меньше любых одинаковых

кратных второй и четвертой, взятых в соответствующей последовательности” [19, с. 258–259].

Последнее определение удобно представить в символическом виде:

Говорят, что $a : b = c : d$, если для любых целых m и n

$$na > mb \rightarrow nc > md;$$
$$na = mb \rightarrow nc = md;$$
$$na < mb \rightarrow nc < md.$$

Если a и b (соответственно c и d) несоизмеримы, второй случай не будет иметь места ни при каких m и n .

Это определение по праву считается великолепным. Оно указало выход из того кризиса пифагорейской математики, который был вызван открытием несоизмеримости. Д. Я. Стройк пишет:

“Современная теория иррационального числа, построенная Дедекиндом и Вейерштрассом, почти буквально следует ходу мыслей Евдокса, но она открывает значительно более широкие перспективы благодаря использованию современных математических методов” [2, с. 63].

Однако мало кто замечает серьезный недостаток евдоксова определения равенства отношений: если представить его как алгоритм проверки справедливости пропорции, то придется перебрать *всё бесконечное множество* пар целых чисел m и n .

Методологическое прерывание 2.10.

Обращение к бесконечному при определении конечного

В методологическом прерывании 1.3 обсуждалась мысль выдающегося логика Альфреда Тарского о том, что можно определить равенство объектов, не прибегая к понятию одинаковости их *свойств*. Напомним формулировку Тарского:

“... $x = y$ если, и только если, каждый класс, который содержит какой-либо из предметов x и y в качестве своего элемента, содержит также и другой в качестве своего элемента”.

Здесь положение еще хуже, чем у Евдокса, — последний имел дело всего лишь с хорошо известным рядом натуральных чисел, а Тарскому нужно перебрать все мыслимые классы, содержание которых никак не определено.

Еще одним примером обращения к бесконечности может служить определение действительного числа, разработанное Дедекиндом. Оно требует разбиения всего множества чисел на два класса таким образом, чтобы любой элемент одного класса был больше любого элемента другого класса.

Опять приходится вспомнить С. А. Яновскую, которой принадлежит наблюдение относительно того, что в литературе встречаются допущения “об осуществимости вещей, заведомо не осуществимых”, при анализе ситуации, которая сама по себе вполне осуществима. Это ее наблюдение относилось к движению — предмету, действительно трудному для логического анализа. Но теперь видно, что сходное положение имеет место и в других областях логики и математики. Наверное, обращений от локального объекта к бесконечности даже в этих науках все же следует по возможности избегать.

Тем более странно выглядит обращение к бесконечности в физике. Упомянем так называемый принцип Маха (многие ученые его не приемлют), состоящий в том, что масса тела определяется влиянием удаленных звезд.

Возврат из прерывания 2.10.

Из трех приведенных выше определений, касающихся отношений, интерес представляет также определение 4. Оно по содержанию очень близко к важному положению, которое принято называть *аксиомой Архимеда* или аксиомой измерения (Б. Л. ван дер Варден на страницах 242 и 256 книги [19] называет ее — вслед за Архимедом? — *леммой*). Как видно, она была известна уже Евдоксу; вполне возможно, что он и был ее автором.

Существуют различные формулировки этой аксиомы; приведем формулировку Архимеда по ван дер Вардену:

“Из неравных отрезков, площадей и тел большая таким образом превосходит меньшую, что разность, будучи прибавляема сама к себе, может превзойти любую заданную величину из класса величин, сравниваемых между собой”.

У Д. Я. Стройка *тот же текст* (с той же ссылкой на сочинение Архимеда “О сфере и о цилиндре”) звучит несколько иначе:

“Если два пространства не равны, то можно столько раз сложить с собою разность, на которую большее превосходит меньшее, чтобы она превзошла любое конечное пространство” [2, с. 63].

В дальнейшем будем иметь в виду более простую формулировку, которая применительно к отрезкам звучит так:

“Какие два отрезка ни взять, равными любому из них можно перекрыть другой”.

Методологическое прерывание 2.11.

Судьба аксиомы Архимеда

Не будем прослеживать историю аксиомы Архимеда и обратимся за сведениями о ее судьбе сразу к геометрии нашего времени. Система геометрических аксиом Давида Гильберта, впервые опубликованная в 1899 году и ставшая классической, содержит пять групп аксиом [40]:

I — восемь аксиом соединения (принадлежности);

II — четыре аксиомы порядка;

III — пять аксиом конгруэнтности;

IV — аксиома о параллельных;

V — две аксиомы непрерывности.

Аксиома Архимеда входит в пятую группу вместе с совсем не очевидной *аксиомой полноты*, утверждающей, что рассматриваемая система точек должна быть такой, чтобы к ней нельзя было бы добавить еще точки, не нарушая других аксиом.

П. К. Рашевский во вступительной статье к изданию [40], содержащему русские переводы работ Д. Гильберта, подчеркивает, что в аксиомах групп I—IV речь идет о конечных конструкциях, но с аксиомами группы V дело обстоит иначе, “и тут лежит пропасть, отделяющая их от предшествующих”. И далее: “...безобидная, казалось бы, аксиома Архимеда тоже предполагает понятие о бесконечно множестве”. Итогом этих рассуждений Рашевского явился абзац, который он сам выделил курсивом:

Крупнейшим достижением Гильберта в области логического анализа геометрии явилось как раз то, что он обнаружил возможность развить геометрию во всем существенном, не пользуясь аксиомами непрерывности.

Действительно, Гильберт (как, собственно, и древние греки) построил своего рода *исчисление отрезков*, не обращая ни к понятию числа, ни к аксиоме Архимеда. По терминологии Рашевского это есть неархимедова геометрия в широком смысле

(аксиома Архимеда в ней *не используется*). Кроме того, для доказательства независимости аксиом Гильберт весьма искусственным способом построил неархимедову геометрию в узком смысле (аксиома Архимеда в ней *не выполняется*).

В отечественной *метрологии* понятие неархимедовой величины до последнего времени не фигурировало. Оно появилось в недавно изданной книге [56] известных метрологов из ВНИИФТРИ, которые положили в основу определения неархимедовых величин “бессмысленность операции сложения этих величин и их интервалов”. При таком подходе неархимедовой величиной оказывается, например, твердость материалов.

С нашей точки зрения, это неправильно: аксиома Архимеда *предполагает возможность суммирования величин* (точнее, объединения характеризующих ими объектов). Если операция объединения не определена, разговоры о неархимедовости теряют смысл. В подобных случаях величины не следует называть неархимедовыми — они попросту *физически неаддитивны*.

Впрочем, похожую неточность допускали сами древние греки, если только И. Г. Башмакова в своих “Лекциях по истории математики в Древней Греции” правильно передала ход их мысли.

Речь идет о “роговидных углах”, заключенных между прямой и семейством окружностей, касающихся ее в некоторой точке (рис. 2.15).

На множестве “роговидных углов” операция суммирования не определена, но *косвенным образом* может быть реализована операция умножения на целое число: один “роговидный угол” больше другого в n раз, если образующая его окружность имеет в n раз меньший диаметр.

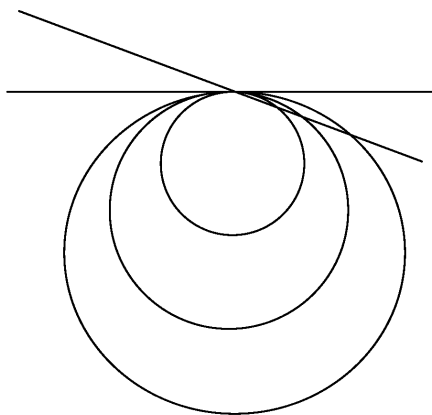


Рис. 2.15. “Роговидные углы” между семейством окружностей и их общей касательной (они всегда лежат внутри угла, образованного касательной и секущей)

При умножении “роговидного угла” в любое число раз его начальная часть (примыкающая к точке касания) всегда будет лежать внутри прямолинейного угла между касательной и какой-либо секущей, проходящей через точку касания.

На этом основании И. Г. Башмакова называет “роговидные углы” актуально бесконечно малыми (с чем можно согласиться) или неархимедовыми величинами [57, с. 311]. Но вот последнее, по нашему мнению, дважды неверно: не только потому, что для “роговидных углов” не определена операция суммирования, но и потому, что семейство “роговидных углов” сравнивается с объектом, *не принадлежащим этому семейству*, — с прямолинейным углом.

Очевидным примером *истинно неархимедовой* величины в современной физике может служить скорость движения: относительные скорости легко поддаются физическому суммированию, но, последовательно суммируя какие угодно конечные скорости, нельзя превзойти скорость света.

Возможно, развитие науки приведет к обнаружению других *истинно неархимедовых* физически аддитивных величин. Например, если бы в окружающем нас мире реализовалась геометрия Лобачевского, то неархимедовой величиной оказалась бы площадь. Об этом знал уже великий К. Ф. Гаусс.

В письме Фаркашу Бойяи (отцу Яноша, независимо от Н. И. Лобачевского открывшего неевклидову геометрию) Карл Фридрих Гаусс сообщал о своих попытках доказать постулат о параллельных:

“Правда, я достиг многого, что для большинства могло бы сойти за доказательство, но это не доказывает в моих глазах ровно *ничего*; например, если бы кто-нибудь мог доказать, что возможен такой прямоугольный треугольник, площадь которого больше любой заданной, то я был бы в состоянии строго доказать всю геометрию. Большинство сочтет это за аксиому, я же — нет. Так, могло бы быть, что площадь всегда будет ниже некоторого данного предела, сколь бы удаленными друг от друга в пространстве ни были предположены три вершины треугольника” [4, с. 196].

Сделаем еще два замечания в связи с рассматриваемым вопросом. Согласно аксиоме Архимеда, для любых отрезков a и b

всегда можно найти такое натуральное n , что na станет больше b . Эта формулировка легко переводится на язык математической логики: $\forall(a, b \in E) \exists(n \in N) : na > b$, где E — множество отрезков, N — множество натуральных чисел. И вот первое замечание: существенно, что выявляемое при сравнении отрезков отношение есть отношение *порядка*, а не эквивалентности.

Порядок во многом удобнее эквивалентности: ведь при реальном сравнении величин строгая эквивалентность не может быть выявлена. Правда, несмотря на это, в конце XIX века Герман Гельмгольц выберет “физическое равенство” в качестве одного из основных понятий своей теории измерений. На равенство величин (опять-таки игнорируя тот факт, что на практике его, строго говоря, невозможно выявить) опирается и современный теоретик А. Д. Александров [46, с. 134].

Получается, что греки мыслили более рационально, чем нынешние физики и математики.

Второе замечание: любая формулировка аксиомы Архимеда исключает понятие *отрезка нулевой длины* — точки как вырожденного отрезка. Это не особенность аксиомы; напротив, в большинстве современных строгих определений понятия величины нулевые ее значения тоже исключаются.

Например, одна из “аксиом величины” упоминавшегося выше О. Хёльдера [58] звучит так: “Для каждой величины существует меньшая” (как уже было сказано, это положение восходит к Анаксагору). В точности такую же аксиому можно найти у Александрова [46, с. 132]. Но для нулевой величины *меньшей нет*, значит, она не удовлетворяет аксиомам величины.

В классическом определении величины К. П. Широкова (ГОСТ 16263–70) содержится условие: “...свойство может быть для одного объекта в определенное число раз больше или меньше, чем для другого”, что также *исключает* нулевое значение “свойства” — нуль не может быть меньше ненулевой величины “в определенное число раз”.

Тем не менее, пользуясь приборами, мы привычно “устанавливаем нуль” — например, соединив накоротко входные зажимы вольтметра или не положив ничего на грузоприемную платформу весов. *В этих примерах* (по-видимому, бывают исключения)

объект, характеризуемый нулевым значением величины, — это *объект, которого нет*. Действительно, напряжением характеризуется объект в виде участка цепи, а короткое замыкание — это не участок цепи. Массой характеризуется некоторая вещь, а “ничего”, положенное на чашу весов, не является вещью. Хочется задать вопрос в античном духе: существует ли небытие?

Таким образом, оказывается, что древняя аксиома Архимеда затрагивает помимо всего прочего *проблему объектов, характеризуемых нулевыми значениями величин*, на которую современные теоретики измерений и философы не обращают внимания.

Возврат из прерывания 2.11.

У Евдокса есть еще одно положение, близкое к аксиоме Архимеда:

“Если даны две неравные величины и из большей вычитается часть, бóльшая половины, а из остатка — снова часть, бóльшая половины, и это повторяется постоянно, то когда-нибудь останется величина, которая меньше, чем меньшая из данных величин” [19, с. 255].

Оно лежит в основе математического метода, получившего название *метода исчерпывания*. Б. Л. ван дер Варден показал, в частности, как с помощью этого метода доказывается теорема о пропорциональности площади круга квадрату диаметра. Доказательство ведется путем вписывания в два сравниваемых круга квадратов, затем восьмиугольников и т. д., причем разности между площадями каждого из кругов и соответствующего многоугольника, в соответствии с приведенным выше положением, неограниченно уменьшаются. Этот метод историки науки любят упоминать, считая его отдаленным предшественником интегрального исчисления.

Разнообразны заслуги Евдокса в области астрономии. Он первым решил задачу, которая, как утверждают, была поставлена Платоном: с помощью ряда равномерных круговых движений объяснил сложные движения небесных тел. Для этого ему потребовалось 27 концентрических сфер, обращающихся вокруг шарообразной Земли — по четыре для каждой из пяти планет, по три для Солнца и Луны и еще одна для неподвижных звезд [Там же, с. 245].

Д. Я. Стройк по поводу произведенного Евдоксом разложения движения планет на четыре круговых движения заметил: “Эта идея лежит в основе и вычислительной части современной динамической теории, поскольку мы вводим ряды Фурье” [2, с. 73].

Модель Евдокса была дополнена его последователями Каллиппом и Менехмом, которые увеличили в ней число концентрических сфер. Насколько внимательно в это время греки относились к наблюдаемым фактам, видно из замеченного ими недостатка модели Евдокса: в соответствии с ней планеты находились на постоянных расстояниях от Земли, а это не объясняло изменений их видимого блеска, особенно сильных у Венеры.

Ученик Платона Гераклид Понтийский (388—315 гг. до н. э.) предположил, что Венера и Меркурий — планеты, всегда видимые вблизи Солнца, — вращаются вокруг него, а Солнце и остальные планеты движутся вокруг Земли [44, с. 105]. Эта гипотеза, объяснявшая изменения яркости Венеры, не получила поддержки в античном мире. Гераклид считал также, что видимое движение звезд объясняется вращением Земли вокруг своей оси.

Здесь уместно вспомнить о том, что даже величайший астроном-наблюдатель конца XVI века Тихо Браге считал, что Солнце вместе со всеми вращающимися вокруг него планетами вращается вокруг Земли. А ведь в это время были уже опубликованы книги Коперника.

Возвращаясь к Евдоксу, отметим, что он написал сочинение, посвященное описанию звездного неба, составил астрономический календарь. Он (или, возможно, Аполлоний) изобрел астрономический инструмент, получивший название “арахна” (“паук”). Он с достаточно хорошим приближением определил наклон эклиптики [Там же, с. 151]. Наконец, Евдокс одним из первых оценил длину окружности земного шара. У него получилось 400 000 стадиев [59, с. 41].

Аристотель упомянул это число в 14-й главе второй книги трактата “О небе” [53, с. 340]. Автор примечаний к Аристотелю И. Д. Рожанский перевел стадии в километры, получил 73 672 км и объявил оценку сильно завышенной, так как действительное значение окружности Земли составляет 40 000 км. Это несправедливо — наоборот, надо удивляться тому, что оценка Евдокса так

мало (менее чем вдвое) отличалась от истины. У автора настоящей работы нет сведений о том методе измерения, который был использован Евдоксом. Если он использовал картину кажущегося “погружения” отплывающего за горизонт судна, то причиной завышения результата могла быть атмосферная рефракция, о которой греки времен Евдокса еще не знали.

Забегая вперед, отметим, что впоследствии более близкую к истине оценку, составившую 300 000 стадиев, дал ученик Аристотеля Дикеарх, который пользовался астрономическими наблюдениями на разных широтах [44, с. 129; 59, с. 51], а затем еще более точно — как 252 000 стадиев — оценил окружность Земли Эратосфен. Но они работали уже в эллинистическую эпоху.

Нужно упомянуть еще ученика Евдокса — *Менехма*, имя которого уже встречалось выше. Пожалуй, наиболее интересное его достижение — это открытие конических сечений [19, с. 262], впоследствии основательно исследованных Аполлонием из Перги.

Менехм знал уже “симптомы” (по сути дела, уравнения) конических сечений. Более того, он использовал построение конических сечений — либо двух парабол, либо параболы и гиперболы — для нахождения двух средних пропорциональных между двумя отрезками, что, в свою очередь, позволяло решить задачу удвоения куба [Там же, с. 223–224].

Как известно, в Новое время конические сечения — эллипс, парабола и гипербола (эти названия дал не Менехм, а Аполлоний) — сыграли важнейшую роль в механике Ньютона.

Методологическое прерывание 2.12.

Удвоение куба и квадратура круга

Из трех знаменитых геометрических задач древности, не поддававшихся решению путем построений с помощью циркуля и линейки, — трисекции угла, квадратуры круга и удвоения куба — по-видимому, наибольшее внимание привлекала задача удвоения куба, а за ней следовала квадратура круга.

Между тем эти две задачи относились к разным классам: квадратура круга требовала построения отрезка, длина которого выражалась бы *трансцендентным числом*, а удвоение куба сводилось к решению простейшего кубического уравнения $x^3 = 2$, т. е. длина отрезка должна была измеряться *алгебраическим числом*.

Иначе задача удвоения куба формулировалась так: найти два средних пропорциональных между числами 1 и 2 — два таких числа (или отрезка) a и b , чтобы выполнялись соотношения $2 : b = b : a = a : 1$. В общем случае вместо 1 и 2 могли быть произвольные числа или отрезки.

Очевидно, задача квадратуры круга могла решаться только приближенно, путем вписывания в круг и описывания вокруг него многоугольников с возрастающим числом сторон (Архимед дошел до 96-угольника).

Задача удвоения куба (путем построения) допускала точное решение, но при этом требовалось привлекать *другие технические средства* кроме циркуля и линейки. Может быть, именно поэтому ею занимались более активно и, в частности, предлагали механизмы для нахождения двух средних пропорциональных.

Другой подход к нахождению двух средних пропорциональных мы видим на примере Менехма, который использовал пересечение двух конических сечений.

Интересно, что *оба этих пути* были впоследствии обоснованы, исследованы и обобщены Рене Декартом (1596–1650).

Обратимся к статье С. А. Яновской [60] и воспроизведем из нее несколько отрывков:

«Как и Евклид, Декарт полагал... что алгебраические задачи нужно решать не вычислением, а построением. Однако Евклид ограничивался только задачами, сводящимися к квадратным уравнениям, а Декарт хотел решать алгебраические уравнения любого порядка...

Но для этого требовалось расширить запас средств построения. Спрашивается, как?

В ответ на этот вопрос Декарт дает сначала правило (схему) последовательного построения ряда шарнирных механизмов (обобщение мезолатии Эратосфена), позволяющее ему, в частности, считать решенной задачу о вставлении любого числа средних пропорциональных между двумя данными отрезками.

Больше того, Декарт знает уже, что с помощью плоских шарнирных механизмов можно строить дуги любых плоских алгебраических (и только алгебраических) кривых *любого* порядка...

В отличие от этого такие (трансцендентные) кривые, как спираль, квадратриса и им подобные [как говорит Декарт]

“действительно принадлежат только механике и не относятся к тем, которые должны, на мой взгляд, быть здесь допущены, так как их представляют себе описанными двумя отдельными движениями, между которыми не существует никакого отношения, которое можно было бы точно измерить”» [60, с. 257–258].

Далее [Там же, с. 265] С. А. Яновская приводит слова Декарта, относящиеся к решению задач, сводящихся к уравнениям первой и второй степени (у Декарта это “плоские” задачи), третьей и четвертой степени (“телесные” задачи) и более сложных:

“После того как я дал построение всех плоских задач посредством пересечения прямой линии и окружности, всех телесных — посредством пересечения снова окружности и параболы и, наконец, всех задач, на одну степень более сложных, — посредством пересечения опять-таки окружности и линии, на одну степень более сложной, чем парабола, — для построения всё более и более, вплоть до бесконечности, сложных задач, нужно лишь следовать по тому же пути”.

Мы видим, что задача удвоения куба, более простая, чем квадратура круга, — лишь частный случай широкого класса задач, для решения которых оказались применимы оба пути, проложенные античными математиками.

Возврат из прерывания 2.12.

2.5. Информационная проблематика у Аристотеля

Труды Аристотеля (напомним годы его жизни: 384–322 до н. э.), а также и последующая судьба некоторых его утверждений заслуживают отдельного рассмотрения по нескольким причинам. Одна из них — это гигантский, поистине энциклопедический размах творческой деятельности Аристотеля. Другая причина — это характер его трудов, которые по сути представляют собой *учебный материал* (может быть, отчасти даже записи лекций Аристотеля, сделанные его учениками). Третьей причиной является то, что тексты Аристотеля в большинстве сохранились и доступны для анализа. Есть и четвертая причина — огромное влияние, которое оказали труды Аристотеля на развитие средневековой науки (после того как церковь отказалась от их запрета).

Наконец, можно назвать пятую причину — особенности содержания трудов Аристотеля. Он прежде всего аналитик, систематизатор.

Но вместе с тем он никоим образом не был оторванным от жизни теоретиком. Вот, например, удивительный фрагмент — четыре абзаца из 14-й главы второй книги трактата “О небе”:

“Кроме того [шарообразность Земли] доказывается чувственным опытом. Во-первых, не будь это так, затмения Луны не являли бы собой сегментов такой формы. Факт тот, что в месячных фазах терминатор принимает всевозможные формы (он бывает и прямым, и выпуклым с обеих сторон, и вогнутым), а в затмениях терминирующая линия всегда дугообразна. Следовательно, раз Луна затмевается потому, что ее заслоняет Земля, то причина [такой] формы — округлость Земли, и Земля шарообразна.

Во-вторых, наблюдение звезд с очевидностью доказывает не только то, что Земля круглая, но и то, что она небольшого размера. Стоит нам немного переместиться к югу или к северу, как горизонт явственно становится другим: картина звездного неба над головой значительно меняется и при переезде на север или на юг видны не одни и те же звезды...

И наконец, те математики, которые берутся вычислить величину [земной] окружности, говорят, что она составляет около четырехсот тысяч [стадиев].

Судя по этому, тело Земли должно быть не только шарообразным, но и небольшим по сравнению с величиной других звезд” [53, с. 339—340].

Мы оставим в стороне сочинения Аристотеля, посвященные этике, политике, метеорологии и некоторым другим областям, а из других сочинений попробуем выделить ряд тем, прямо или косвенно относящихся к информационной сфере. Это, во-первых, *система категорий*, в особенности категории количества и качества, во-вторых, *учение о логическом выводе*, в-третьих, *теории движения* (здесь потребуется дальнейшее подразделение).

Нужно предупредить: в четырехтомном русском издании сочинений Аристотеля, на которое уже делались и далее будут делаться ссылки, принято изображение греческих слов *латинскими буквами*. В этом разделе данной работы мы воспроизведем именно

такую транскрипцию, хотя это и будет расходиться с тем, как греческие слова изображались и будут изображаться в других разделах.

Система категорий Аристотеля кратко изложена в трактате, который так и называется: “Категории”. Его принято включать в “Органон” — группу из шести логических трактатов Аристотеля. Эта же система категорий рассмотрена в расширенном виде (и вместе с тем более сжато) в пятой книге его “Метафизики”. Известно, что последнее название не принадлежит Аристотелю. Оно восходит к греческому ученому I века до нашей эры Андронику из Родоса, который приводил в порядок рукописи Аристотеля и объединил несколько сочинений, относящихся к проблемам бытия и познания, под названием “То, что после физики”. Это название и превратилось в “Метафизику”.

Приведем целиком гл. 4 “Категорий”, где в одном абзаце Аристотель перечисляет 10 категорий:

«Из сказанного без какой-либо связи каждое означает или сущность, или “сколько”, или “какое”, или “по отношению к чему-то”, или “где”, или “когда”, или “находиться в каком-то положении”, или “обладать”, или “действовать”, или “претерпевать”. Сущность, коротко говоря, — это, например, человек, лошадь; “сколько” — это, например, длиною в два локтя, в три локтя; “какое” — например, белое, умеющее читать и писать; “по отношению к чему-то” — например, двойное, половинное, большее; “где” — например, в Ликее, на площади; “когда” — например, вчера, в прошлом году; “находиться в каком-то положении” — например, лежит, сидит; “обладать” — например, обут, вооружен; “действовать” — например, режет, жжет; “претерпевать” — например, его режут, жгут. Каждое из перечисленного само по себе не содержит никакого утверждения; утверждение или отрицание получается сочетанием их: ведь всякое утверждение или отрицание, надо полагать, или истинно, или ложно; а из сказанного без какой-либо связи ничто не истинно и не ложно, например, “человек”, “белое”, “бежит”, “побеждает» [61, с. 55].

За сжатой трактовкой категории *количества* (“сколько”) обратимся к гл. 13 книги 5 “Метафизики”:

“Всякое количество есть множество, если оно счислимо, а величина — если измеримо... а из величин непрерывная в одном

направлении есть длина, в двух направлениях — ширина, в трех направлениях — глубина. Из всех этих количеств ограниченное множество есть число, ограниченная длина — линия, ограниченная ширина — плоскость, ограниченная глубина — тело” [32, с. 164–165].

Далее после ряда рассуждений сделан вывод: “Именно потому, что... расстояние есть количество, и движение есть количество, а время есть количество потому, что движение есть количество”.

Здесь намечается противоречие: если время (конечно, не само текущее время, а интервал времени) есть количество и оно измеримо, то оно по определению должно являться величиной. Однако в самом начале трактата “О небе” Аристотель четко говорит:

“Непрерывное есть то, что делимо на части, всякий раз делимые снова. Тело — то, что делимо во всех измерениях. Величина, делимая в одном измерении, есть линия, в двух — плоскость, в трех — тело, и, кроме них, нет никакой другой величины” [53, с. 265].

Очевидно, логика рассуждения Аристотеля о движении и времени в какой-то степени уже подводи́ла его к современной обобщенной трактовке величины, а в последней цитате термин *величина* сохранил привычное для греков ограниченное, геометрическое содержание.

Забегая вперед, отметим, что эта ограниченная трактовка бытовала в течение долгого времени. Архимед, формулируя законы равновесия, говорил не о массе, а о величине (геометрической) уравнивающих тел. Николай Кузанский в XV веке в одном из диалогов изобразил рынок, где *считают* деньги, *взвешивают* товары и *отмеряют* масло — как видно, взвешивание и измерение (объема) для него являлись различными операциями. Декарт под величиной тела понимал его объем.

Даже в названии отечественного метрологического института — Палата мер и весов — сохранилось различие между весом и мерой, хотя с современной точки зрения гиря (т. е. “вес”) есть типичная мера.

Слово “величина” (*megethos*) произведено от *megas* — большой — и в зависимости от контекста может переводиться и как *величие*. Отметим, что русский термин также произведен от слова

великий, и то же можно сказать о немецких *Größe* и *groß*, а английское *magnitude* происходит от латинского *magnus*, которое тоже означает *великий*. Правда, в современном английском языке измеряемую величину чаще обозначают термином *quantity*, а термин *magnitude* ближе по значению к нашему *размеру величины*.

Интересно заметить, что Аристотель *величину определяет через измерение*, а это последнее философ вообще не считает нужным определять (видимо, как хорошо известное понятие). Так же поступает уже упоминавшийся наш современник А. Д. Александров:

“Величиной в общем смысле называется свойство, которое в каком-то отношении может быть больше или меньше, и притом так, что позволяет точное сравнение, называемое измерением” [46, с. 135].

Ясно, что слова “точное сравнение” никоим образом не являются определением измерения, так что фактически Александров не пошел дальше Аристотеля.

Часто *величина* у Аристотеля означает путь или траекторию движения; например, в четвертой главе пятой книги “Физики” читаем:

“...Движение не может быть равномерным, если оно происходит не по равномерной величине, например, ломаной, или по спирали, или по другой величине, у которой любая часть не подходит к любой” [53, с. 171].

Это смешение математического или физического объекта (в данном случае — траектории движения) с характеризующей его величиной тоже было типично для ученых античности, средневековья и даже Нового времени вплоть до конца XVII века.

Только И. Ньютон четко разделил “онтологическую сущность” — реальный объект, с одной стороны, и “гносеологическую сущность”, — характеризующую его информацию в виде физической величины, с другой стороны.

С категорией количества тесно связано понятие *меры*, о котором уже говорилось выше, в методологическом прерывании 2.3.

Перейдем теперь к категории *качества* (“какое”). Для этого обратимся тоже к “Метафизике”, где посвященный этой категории текст короче:

“Итак, о качестве можно, пожалуй, говорить в двух смыслах, причем один из них — важнейший, а именно качество в первичном смысле — это видовое отличие сущности... А в другом смысле называются качеством состояния движущегося, поскольку оно движется, и различия в движениях” [32, с. 166].

Нужно учитывать, что под движением Аристотель понимал *любое изменение* (это будет уточнено далее), поэтому качество во втором смысле — это “состояния движущихся сущностей, например тепло и холод, белизна и чернота, тяжесть и легкость и все тому подобное, изменение чего дает основание говорить, что и тела становятся другими”.

Качества (во втором смысле) “допускают большую и меньшую степень. Об одном белом говорят, что оно более бело или менее бело, чем другое” [61, с. 77]. Напротив, “количество, надо полагать, не допускает большую и меньшую степень, например, длина в два локтя: в самом деле, одно имеет длину в два локтя не в большей степени, чем другое” [Там же, с. 65].

Но, по-видимому, и качество, но только не во втором, а “в первичном смысле”, не может иметь большую и меньшую степень — вряд ли “видовое отличие сущности” может быть у одной вещи больше, чем у другой. В этом отношении качество сходно (и у последующих ученых зачастую смешивается) с тем, что в системе Аристотеля носит название *форма*.

Сложность этого понятия (а оно нам потребуется в дальнейшем, когда речь пойдет о средневековой науке) можно видеть, например, из следующего отрывка из третьей главы седьмой книги “Метафизики”:

“...И суть бытия вещи, и общее, и род считают сущностью всякой вещи, и наряду с ними четвертое — субстрат; а субстрат — это то, о чем сказывается всё остальное, в то время как сам он уже не сказывается о другом... А как такой субстрат в одном смысле обозначается материя, в другом — форма (*morphē*) и в третьем — то, что из них состоит. Под материей же я разумею, например, медь; под формой — очертание-образ (*schēma tēs ideas*); под тем, что состоит из обоих, — изваяние как целое. Так что если форма (*eidos*) первее материи и есть сущее в большей мере, она на том же основании первее и того, что состоит из того и другого” [32, с. 189].

В нескольких других местах “Метафизики” *форма* появляется там, где Аристотель перечисляет четыре вида *причин*: коротко говоря, причины — это материя, форма, источник движения и конечная цель. Так, при строительстве дома материя — это, например, кирпичи, форма — замысел дома, источник действий — строитель, а цель — назначение дома. А вот что такое материя в понимании Аристотеля:

“Я разумею... под материей то, что, не будучи определенным нечем в действительности, таково в возможности” [32, с. 224].

Иначе говоря, материя — это совершенно неопределенный материал, в который должна быть внесена *форма*, чтобы получилось “определенное нечто”.

Понимаемая таким образом форма в каждом конкретном случае неизменна, не имеет градаций. Все изменения вещей происходят путем прибавления или убавления материи. Форма не возникает и не погибает; она может быть общей для многих вещей — например, столов, а вот материя у каждого стола своя (пример со столами принадлежит Аристотелю!).

Сказанным никоим образом не исчерпывается всё богатство категориальной системы Аристотеля, но в нашу задачу не входит — да и не может входить! — ее полное освещение.

Учение о логическом выводе изложено Аристотелем, как уже было сказано, в шести трактатах — “Категории”, “Об истолковании”, “Первая аналитика”, “Вторая аналитика”, “Топика”, “О софистических опровержениях”, совокупность которых принято называть “Органоном”.

Интересно сравнить оценки логических трактатов Аристотеля, одна из которых сделана много раз упоминавшимся Б. Л. ван дер Варденом, а другая — редактором соответствующего тома сочинений Аристотеля З. Н. Микеладзе.

Ван дер Варден пишет:

“Когда Аристотель собрал воедино правила логики, то этим он просто привел в систему те закономерности, которые он нашел в рассуждениях предшествовавших ему математиков и философов. Большинство своих примеров он заимствует из математических учебников своего времени” [19, с. 215].

Иначе рассуждает З. Н. Микеладзе (слова в двух следующих цитатах, заключенные в кавычки, взяты этим автором из “Очер-

ков по истории математики” Н. Бурбаки, причем, как видно, взяты в полемических целях):

«“Великая заслуга” Аристотеля состоит не столько в том, и даже вовсе не в том, что “ему впервые удалось систематизировать и кодифицировать приемы рассуждений, которые у его предшественников оставались неясными и несформулированными”, а в том, что впервые он сделал эти приемы *предметом* научных изысканий...».

И далее: «Математику, наверное, не верится, что основной (если не единственный) метод его науки, а именно доказательство, привлек впервые исследовательский взор не математика, а философа, причем такого, который “по-видимому, не слишком обременял себя изучением математических достижений своего времени”».

В самом деле, удивителен “математический шовинизм” такого серьезного исследователя, как Б. Л. ван дер Варден, — якобы Аристотель “просто привел в систему” то, что математикам было и без него известно. Тот же шовинизм просвечивает и в коротких фразах Н. Бурбаки. Оба эти автора (а фактически большее число авторов, так как Бурбаки — *коллективный* псевдоним) не желают видеть в науке ничего, кроме математики.

Но ведь, в о-п е р в ы х, Аристотель не мог просто “собрать” (как грибы?) в готовом виде все разнообразные схемы умозаключений, которые рассматриваются в его “Органоне”; его работа — не столько систематизация, сколько *синтез*.

В о-в т о р ы х, наиболее значительными предшественниками Аристотеля в области логики были Зенон из Элеи и Сократ — совсем не математики. Что касается непосредственного учителя Аристотеля — Платона, то историки логики находят у него “уже начатки силлогистики” [55, с. 35], но не более того. Уже и это представляется для того времени большим достижением.

В-т р е т ь и х, математических примеров у Аристотеля как раз немного. Чаще встречаются вовсе не относящиеся к математике примеры такого рода: “если ни один человек возможно не есть лошадь, то и ни одна лошадь возможно не есть человек” [61, с. 122]. А то, что приводимые им математические примеры просты и общепонятны, вполне естественно в лекционном курсе.

Наконец, в-четвертых, снисходительное порицание великого философа, проделавшего невероятную по объему мыслительную работу, за то, что он “не слишком обременял себя” штудированием математических рукописей современников, звучит просто издевательски.

Итак, именно у Аристотеля приемы логических рассуждений впервые стали предметом научного исследования. В этом отношении Аристотель — родоначальник *всякой логики*, а, значит, в какой-то степени и той логики, на которой основана современная цифровая техника.

Интересно еще сравнить судьбу различных сторон творчества Аристотеля. Если, например, физика Аристотеля в нынешнее время представляет интерес только с исторической точки зрения, то с логикой дело обстоит не так. З. Н. Микеладзе, редактор логических сочинений Аристотеля, переводит *каждое его положение* на современный символический язык и обсуждает так, как если бы Аристотель находился рядом с ним. А историки логики П. С. Попов и Н. И. Стяжкин посвятили Аристотелю более 50 страниц из двухсот с небольшим страниц своей книги [55].

С именем Аристотеля обычно ассоциируются фигуры силлогизма, и действительно, эти фигуры им основательно исследованы. Но, по оценке Микеладзе, “ассерторическая силлогистика” занимает менее одной десятой объема “Органона”.

Большое внимание уделяет Аристотель модальным категориям возможности и необходимости. В частности, *в возможности* одно и то же событие происходит и не происходит, закон исключенного третьего неприменим. Получается, что Аристотель не противоречит Гераклиту!

Понятно, что *бытие в возможности* связано с аристотелевской трактовкой материи как своего рода возможности существования вещей. Иначе говоря, логика Аристотеля тесно связана с его онтологией. Это подтверждается и удивительным высказыванием из 13-й главы трактата “Об истолковании”, которому редактор тома присвоил имя — с большой буквы! — Гипотеза Аристотеля:

“...Быть может, необходимое и не необходимое суть начало бытия и небытия всего, а остальное должно рассматривать как следствия из них” [61, с. 112].

Вообще в “Органоне” рассыпаны замечательные формулировки, с разных сторон касающиеся того, что сейчас можно называть основами семиотики — науки о знаковых системах. Вот начало трактата “Об истолковании”:

“Прежде всего следует установить, что такое имя и что такое глагол; затем — что такое отрицание и утверждение, высказывание и речь.

Итак, то, что в звуко сочетаниях, — это знаки представлений в душе, а письма — знаки того, что в звуко сочетаниях. Подобно тому как письма не одни и те же у всех [людей], так и звуко сочетания не одни и те же. Однако представления в душе, непосредственные знаки которых суть то, что в звуко сочетаниях, у всех [людей] одни и те же, точно так же одни и те же и предметы, подобия которых суть представления” [61, с. 93].

Если теперь вернуться к методологическому прерыванию 1.1 и разд. 1.5, то можно сразу увидеть, насколько естественно мысли Аристотеля вписываются в современный нам контекст.

В частности, в разд. 1.5 упоминались слова В. Гумбольдта: “Только звучащее слово является как бы воплощением мысли, письмо — воплощение звучания”. Теперь эти слова выглядят как *обедненный* вариант текста Аристотеля — у Гумбольдта нет того продолжения, без которого мысль Аристотеля неполна: *представления в душе суть подобия предметов внешнего мира!*

Обращаясь к началу второй главы трактата “Об истолковании”, находим важное для семиотики определение *имени*:

“Итак, имя есть такое звуко сочетание с условленным значением безотносительно ко времени, ни одна часть которого отдельно от другого ничего не означает... [Имена] имеют значение в силу соглашения, ведь от природы нет никакого имени. А [возникает имя], когда становится знаком...”

И уже совсем “по-семиотически” высказывается Аристотель об именах в гл. 1 трактата “О софистических опровержениях”:

“...Так как нельзя при рассуждениях приносить самые вещи, а вместо вещей мы пользуемся как их знаками именами, то мы полагаем, что то, что происходит с именами, происходит и с вещами, как это происходит со счетными камешками для тех, кто ведет счет. Но соответствия здесь нет, ибо число имен и слов ограничено, а количество вещей неограниченно” [Там же, с. 536].

Некоторые замечательные высказывания Аристотеля выходят за рамки семиотики и относятся уже к общеметодологическим вопросам. Таков, например, перечень “видов искомого” (по сути, задач науки) в начале второй книги “Второй аналитики”: «Виды искомого по числу равны видам знания. Искомого — четыре вида: “что”, “почему”, “есть ли” и “что́ есть» [61, с. 315].

Аристотель первым исследовал вопросы *аксиоматического построения науки* (это мы сейчас только упомянем, но вскоре рассмотрим подробнее).

Не обошел Аристотель и вопросы преподавания. Приведем лишь несколько фраз из третьей главы второй книги “Метафизики”:

“Одни не воспринимают преподанного, если излагают математически, другие — если не приводят примеров, третьи требуют, чтобы приводилось свидетельство поэта. И одни хотят, чтобы всё излагалось точно, а других точность тяготит... В самом деле, есть у точности что-то такое, из-за чего она как в делах, так и в рассуждениях некоторым кажется низменной. Поэтому надо приучиться к тому, как воспринимать каждый предмет...

А математической точности нужно требовать не для всех предметов, а лишь для нематериальных. Вот почему этот способ не подходит для рассуждающего о природе, ибо вся природа, можно сказать, материальна” [32, с. 97–98].

Поразительно, насколько близко перекликаются странные на первый взгляд слова Аристотеля о точности с написанными в XX веке словами С. А. Яновской о том, что “идеально точные” величины являются огрубленным приближением к действительности, потому что границы исследуемых объектов расплывчаты (полная цитата — в методологическом прерывании 2.6).

Наверное, излишне напоминать, что Аристотель является еще и основоположником научной дисциплины, которую сейчас называют *теорией определений*. В течение многих веков эта теория находилась в том состоянии, в каком ее оставил Аристотель. Некоторые философы (например, Джон Локк) затрагивали ее проблематику, но только в XX веке она стала предметом детальных исследований и острых дискуссий.

Теории движения у Аристотеля нужно рассматривать с учетом того, что он различал несколько видов движения. В отношении

числа этих видов в его сочинениях имеются некоторые разночтения. Глава 14 “Категорий” начинается с заявления: “Имеется шесть видов движения — возникновение, уничтожение, увеличение, уменьшение, превращение и перемещение”. Тот же перечень, даже с некоторым логическим обоснованием, можно найти в первой главе третьей книги “Физики” [53, с. 104]. Однако в первой главе пятой книги “Физики” видим другое:

“...Несуществующее не может находиться в движении. Если же это так, то и возникновение не может быть движением: ведь возникает несуществующее... И уничтожение, конечно, не есть движение” [Там же, с. 162–163].

Наряду с этим отрицательным доводом, есть и положительное обоснование меньшего числа видов движения. Двенадцатая глава 11-й книги “Метафизики” начинается следующим рассуждением:

“Если категории разделяются на сущность, качество, место, действие или претерпевание, отношение и количество, то должно быть три вида движения: для качества, количества и места. По отношению к сущности нет движения, так как нет ничего противоположного сущности; нет движения и для отношения... также нет движения ни для того, что действует или претерпевает, ни для того, что движет и приводится в движение, ибо нет ни движения движения, ни возникновения возникновения, ни вообще изменения изменения” [32, с. 296].

Три вида движения превращаются в четыре, если учесть, что количество может возрастать и убывать. Поэтому, например, в третьей главе первой книги трактата “О душе” перечислены “четыре вида движений: перемещение, превращение, убывание и возрастание” [Там же, с. 380]. Для нас эти разночтения несущественны. Мы коснемся только перемещения, т. е. *механического движения*, поскольку судьба взглядов Аристотеля по этому вопросу оказалась очень поучительной, а также *качественных изменений*, поскольку отсюда берет начало проблема так называемых интенсивных величин. Кроме того, в связи с движением необходимо будет рассмотреть трактовку *времени* у Аристотеля.

Механическое движение, как будет видно далее, исследуется Аристотелем в разных местах и по разным поводам.

Движение *небесных тел* по необходимости является круговым — Аристотель доказывает, что только такое движение может

быть бесконечным. При этом возникает проблема первого двигателя (движения по инерции античная наука не знала), и Аристотель доказывает, что он сам должен быть неподвижным.

Для нашей темы больший интерес представляют движения тел *в земной обстановке*. Здесь, по Аристотелю, возможны два рода движения: *насильственное* движение, подобное движению нагруженной повозки или гребного судна, и *естественное* движение (движение к “естественному месту”), подобное падению камня или стремлению огня вверх.

Наиболее сложным был *промежуточный случай* движения брошенного камня или летящей стрелы. Это движение начиналось как насильственное, затем каким-то образом продолжалось и заканчивалось естественным падением.

В “Физике” соотношения, определяющие быстроту естественного движения, рассматриваются в гл. 8 книги 4, а аналогичные соотношения для насильственного движения — в гл. 5 книги 7. Правда, сами слова “естественное” и “насильственное” в обоих текстах отсутствуют, но зато в первом говорится об “избытке тяжести или легкости”, что характерно только для естественного движения, а во втором — о “движущем” и “движимом”, что имеет смысл только для насильственного движения.

Поскольку многие историки науки, и даже такой безусловный авторитет, как В. П. Зубов, позволяют себе модернизацию рассматриваемых положений Аристотеля, придется привести довольно обширные, даже в сокращенном виде, цитаты. Итак, “Физика”, гл. 8 книги 4:

“Мы видим, что одна и та же тяжесть и тело перемещаются быстрее по двум причинам: или из-за различия среды, через которую оно проходит (например, через воду, или землю, или воздух), или, если всё прочее остается тем же, из-за различия [самого] перемещающегося [тела] вследствие избытка тяжести или легкости. Среда... служит причиной [уменьшающей скорость тела], потому что она препятствует [движению]... причем сильнее [препятствует] то, что трудно разделимо, а таким будет более плотное.

Положим, что тело, обозначенное А [здесь и далее нужно читать буквенные обозначения в соответствии с греческим алфавитом], будет проходить через среду В в течение времени Г, а через

более тонкую среду Δ — в течение [времени] E ; если расстояния, [проходимые телом] в средах B и Δ , равны, [то Γ и E будут] пропорциональны [сопротивлению] препятствующего тела. Пусть, например, B будет вода, а Δ — воздух; насколько воздух тоньше и бестелеснее воды, настолько скорее A будет передвигаться через Δ , чем через B ... Если он в два раза тоньше, A пройдет B за в два раза большее время, чем Δ , и время Γ будет в два раза больше E .

...Итак, все сказанное вытекает из различий среды, через которую перемещаются [тела], а вследствие преобладания [одних] перемещающихся [тел над другими] получается следующее. Мы видим, что тела, имеющие бóльшую силу тяжести или легкости, если в остальном имеют одинаковую фигуру, скорее проходят равное пространство в том [числовом] отношении, в каком указанные величины находятся друг к другу...” [53, с. 139—141].

Теперь сопоставим с этим отрывком текст из гл. 5 книги 7, относящийся к *насильственному* движению:

“Так как движущее всегда движет что-нибудь, в чем-нибудь и до чего-нибудь... то, если A будет движущее, B — движимое, Γ — длина, на которую продвинуто [движимое], и Δ — время, в течение которого [движимое] двигалось, тогда в равное время сила, равная A , продвинет половину B на удвоенную Γ , а на целую Γ в половину времени Δ : такова будет пропорция.

И если одна и та же сила движет одно и то же [тело] в определенное время на определенную длину, а половину в половинное время, то половинная сила продвинет половину движимого тела в то же время на равную длину. Например, пусть половина силы A будет E и половина [тела] B — Z ; отношение силы к тяжести будет здесь сходно и пропорционально, так что в равное время они будут двигать на равную длину.

Но если E движет Z за время Δ на длину Γ , нет необходимости для E в одинаковое время двигать удвоенное Z на половину Γ ... и вообще может случиться, что никакого движения не будет. Ведь из того, что целая сила продвинула [тело] на определенную длину, не следует, что половина силы продвинет [это же тело] на сколько-нибудь в какое бы то ни было время; иначе один человек мог бы двигать судно...” [Там же, с. 219].

Таким образом, при *естественном* движении само перемещающееся тело является его источником “вследствие избытка тяжести или легкости”, а сопротивление оказывает среда.

При *насильственном* движении сопротивление оказывает именно движимое тело — очевидно, повседневный опыт подсказывал, что более тяжелую вещь передвигать труднее, — а среда в явном виде не учитывается.

В обоих случаях результат оценивается либо по пройденному за некоторое время пути, либо по времени, затраченному на прохождение заданного пути, — время и путь греки умели измерять, а скорость для них не была измеримой величиной.

Тем более невозможно увидеть из первого из приведенных отрывков, какая именно *измеримая величина* могла бы характеризовать “трудно делимое и плотное” или, напротив, “тонкое и бестелесное” — само обилие синонимов и антонимов указывает на неопределенность понятия, характеризующего у Аристотеля сопротивление среды.

Во втором же тексте А — не столько сила в современном понимании, сколько некоторое движущее тело. Наверное, наглядно можно представить себе это А как толпу людей, волокущую тяжелый груз В. Тогда Е будет половинным количеством людей.

Опять-таки повседневный опыт подсказывал, что при некоторых условиях груз вообще не сдвигается с места (например, из-за наличия *трения покоя*), и Аристотель попытался придать этому эмпирическому факту логическую окраску словами “нет необходимости” и “не следует” (хотя напрашивается вопрос: а почему, собственно, не следует?).

Как же трактует эти положения В. П. Зубов? В книге [62] он (или его соавтор?) пишет, в частности, следующее:

“Здесь впервые при определении скорости взято отношение двух разных величин: силы или потенции p и сопротивления r . Это отношение $p:r$ и определяет скорость движения”.

В более поздней работе [51] Зубов, ссылаясь попеременно на четвертую и седьмую книги “Физики” (и несколько изменив обозначения), повторяет, что скорость движения по Аристотелю пропорциональна $P : R$, где P — движущая сила, а R — сопротивление, причем “в это понятие включались и плотность среды, и величи-

на, или масса тела”, а “условием возможности движения является неравенство $P > R$ ”. По-видимому, эти мысли стали общепринятыми в среде историков науки.

Однако у В. П. Зубова можно найти сразу несколько натяжек. В о-п е р в ы х, вряд ли фразу Аристотеля “отношение силы к тяжести будет здесь сходно и пропорционально” можно трактовать как указание на операцию деления $P : R$. Пропорциональность и сходство отношений совсем не означает деления друг на друга разнородных величин (к тому же по нашим современным представлениям сила и тяжесть — величины однородные).

Во-в т о р ы х, неверно, что у Аристотеля в понятие сопротивления включались “и плотность среды, и величина, или масса тела” — это два *различных* сопротивления, они соответствуют двум разным ситуациям. К тому же ни понятия плотности, ни понятия массы у греков не было — под *величиной тела* они понимали не его массу, а только геометрические размеры (об этом уже говорилось выше).

В-т р е т ь и х, из текстов Аристотеля ясно видно, что он и не помышляет о делении пути на время для определения скорости. Тем более не могла прийти ему в голову мысль делить друг на друга две “величины”, значительно менее наглядные, чем прекрасно измеряемые путь и время движения.

Наконец, если уж принять, что скорость пропорциональна $P : R$, то эти две величины должны иметь различную размерность, — Зубов сам говорит именно об “отношении двух разных величин”. Но тогда выражение $P > R$ оказывается *бессмысленным* — величины разных размерностей нельзя сравнивать. Вот к чему приводит попытка передать мысли Аристотеля современным алгебраическим языком, который не соответствует способам мышления древних греков.

Интересно выяснить, почему у Аристотеля теории естественного и насильственного движения разнесены по разным и даже несмежным книгам. Вероятно, они нужны были не сами по себе, а как аргументы в философских спорах различного характера.

Разбор насильственного движения, которое, по утверждению Аристотеля, осуществляется не при всякой движущей силе (имеется некоторый порог), потребовался для того, чтобы сказать:

“Поэтому-то неправильно рассуждение Зенона, что любая часть просяного зерна произведет шум...”

Что касается разбора естественных движений в сопротивляющихся средах, то он понадобился совсем для другой цели. На его основе Аристотель формулировал сразу два доказательства *несуществования пустоты*.

Вот вкратце эти доказательства:

1) если движение тем быстрее, чем тоньше среда, то при отсутствии среды скорость должна стать бесконечной;

2) если движение тем быстрее, чем тяжелее тело, раздвигающее среду, то при отсутствии среды все тела двигались бы с одинаковой скоростью, что для Аристотеля “невозможно” [53, с. 141].

В восьмой главе четвертой книги “Физики” приведен еще один аргумент против существования пустоты, апеллирующий на этот раз к промежуточному случаю — движению брошенных тел.

Вот этот аргумент:

“...Бросаемые тела движутся, не касаясь тела, толкнувшего их, или вследствие обратного кругового движения, как говорят некоторые, или потому, что приведенный в движение воздух сообщает движение, более быстрое по сравнению с перемещением [тела] в его собственное место; в пустоте же ничего подобного не происходит и двигаться можно только путем перенесения”.

Именно отрицание Аристотелем движения по инерции привлекает всё внимание современных историков науки. На его фоне они не замечают фактов, более важных с позиций истории информационной сферы.

Во-первых, Аристотель берется говорить об удвоенных и половинных (других коэффициентов он не использует) силах или сопротивлениях препятствующих тел, *не давая точных определений самим этим “величинам”*. Следовательно, его рассуждения не позволяют ничего вычислить.

Во-вторых, как уже было сказано, соотношения между рассматриваемыми “величинами” он *мыслит только в виде пропорций*. Фактически последние заменяют у него физические законы. Видимо, слова “такова будет пропорция” для перипатетиков имели силу доказательства. Но если пропорции оказались на месте, например, в архимедовской теории равновесия рычага, то в тео-

рии движения Аристотеля они выступали как произвольные высказывания и не вели к дальнейшему развитию науки.

Если нам кажется странным, что Аристотель спокойно удваивает или делит пополам *неизвестно что*, то, напротив, современная привычка характеризовать все явления измеримыми величинами иной раз вообще не позволяет понять его мысли. Например, в главе шестой второй книги трактата “О небе” он говорит об ослаблении, усилении и кульминации движений:

“Кульминация бывает либо в начальной точке движения, либо в конечной, либо посередине. Так... у [тел], движущихся согласно природе, [она бывает] в конечной точке движения, у [тел], движущихся вопреки природе, — в начальной, а у брошенных [тел] — посередине” [53, с. 316].

И автор примечаний, маститый И. Д. Рожанский, недоумевает: “Если Аристотель хочет сказать, что брошенное тело приобретает максимальную скорость в середине своей траектории, то это явно неверно. Может быть, речь идет не о скорости, а о чем-то другом. О чем же?” Ответа у него нет.

Но ведь и толкаемое “вопреки природе” тело не приобретает максимальную скорость в начальной точке движения. Можно предположить, что кульминация у Аристотеля — не количественная оценка, а *качественный расцвет* движения. Ведь известно, что греки привыкли характеризовать, например, годы жизни какого-либо человека именно временем его “расцвета” — *акме* (поэтому историки зачастую вынуждены определять даты рождения экстраполяцией).

Думается, что свойственный нашему времени “гипноз величин”, которого не было ни у античных, ни у средневековых ученых, — явление исторически обусловленное и, возможно, преходящее [63].

Механическое движение после Аристотеля исследовал, в частности, Иоанн Филопон, живший в конце V — начале VI века. Он одним из первых использовал для описания движения брошенного тела понятие, близкое к современным понятиям *количества движения и кинетической энергии*.

Иоанн полагал, что бросающий сообщает брошенному предмету некую *бестелесную кинетическую мощь* (другой перевод:

бестелесную движущую способность), а воздух, который он толкает, не приносит ничего или очень мало в это движение [10, с. 278; 64, с. 73].

Слова о воздухе в этом высказывании Иоанна Филопона направлены против утверждения Аристотеля о том, что движение брошенного тела поддерживается воздухом, который подталкивает его. Это свое несогласие Филопон подробно аргументировал физическими соображениями.

Нужно заметить, что еще во II веке до нашей эры сомнения относительно аристотелевской теории бросания высказывал знаменитый Гиппарх. Он утверждал, что телу, брошенному вверх, передается запас “бросающей силы”, который постепенно истощается по мере движения [10, с. 277]. Однако, например, историк науки Я. Г. Дорфман не считал Гиппарха предшественником Филопона.

В X веке концепцию Иоанна Филопона повторит багдадский ученый Яхья ибн Ади [64, с. 99]. В Европе возврат к этому кругу понятий произойдет только в XIV веке, когда парижские ученые разработают учение об “импетусе” (наиболее близкий русский эквивалент — *напор*).

Такие масштабы времени вообще характерны для процессов выработки понятий основных физических величин; эти процессы резко ускорятся только в эпоху научной революции XVII века.

Движение как изменение качества между некоторыми заданными противоположностями можно иллюстрировать следующим примером из пятой главы первой книги “Физики”:

“...Бледное возникает из небледного, и не из всякого, а из смутлого или промежуточного между ними, и образованное — из необразованного, однако не из всякого, а только из невежественного или промежуточного, если есть что-либо промежуточное между тем и другим” [53, с. 71].

Здесь слова “не из всякого”, очевидно, выделяют *противоположные* свойства из более обширного множества простых *отрицаний* свойств.

“Промежуточные” встречаются и во многих других местах, например в следующем перечне чувственно воспринимаемых свойств, сгруппированных в гл. 2 книги 7 попарно:

“...Тяжесть, легкость, твердость, мягкость, звучность, беззвучность, белизна, чернота, сладость, горечь, влажность, сухость, плотность, разреженность и промежуточные между этими... также теплота и холод, гладкость и шероховатость” [53, с. 210].

Специально “промежуточным” посвящена седьмая глава 10-й книги “Метафизики”.

Возникает вопрос: если Аристотель постоянно упоминал “промежуточные” между противоположными качествами, то почему он не попытался как-то градуировать промежуток между этими качествами?

Этот вопрос представляется тем более правомерным, что Аристотель, с одной стороны, настаивал на делимости всякого движения (а значит, и качественного изменения) и, с другой стороны, специально рассматривал в четвертой главе седьмой книги “Физики” вопрос о сравнимости движений, включая опять-таки и качественные изменения:

“Теперь относительно качественного изменения: каким образом одно [изменение] будет иметь равную скорость с другим? Если, например, выздоровление есть качественное изменение, то одному возможно исцелиться скорее, другому медленнее, а некоторым одновременно; следовательно, возможно качественное изменение, проходящее с равной скоростью, поскольку оно произошло в равное время” [Там же, с. 217].

Трудно предположить, что острый ум Аристотеля не подходил к вопросу о делении качественного изменения *на равные доли*. Но ответа на этот вопрос у него, очевидно, не было, так как для качественных изменений трудно или невозможно найти “неделимую” меру. Вместе с тем если бы такое деление удалось, то качество приобрело бы черты количества:

“Главная особенность количества — это то, что о нем говорят как о равном и неравном” [61, с. 66] (шестая глава “Категорий”).

Вероятно, именно сознание и невыполнимости, и противоречивости задачи заставило Аристотеля в 14-й главе четвертой книги “Физики” (где он рассуждает о времени) бросить вскользь — и, вопреки собственному обычаю, без аргументации — исключительно значимую фразу:

“Ни качественное изменение, ни рост, ни возникновение не равномерны, а таково только перемещение” [53, с. 158].

Только в XIV веке европейские ученые разработают теорию “интенсии (или интенсификации) и ремиссии качеств”, которая укажет путь, ведущий к понятию интенсивных величин.

Проблема времени и его измерения рассмотрена Аристотелем, как уже было сказано, в четвертой книге “Физики” (гл. 10–14), после анализа понятий *места* и *пустоты*. Рассуждения начинаются с того, что “время или совсем не существует, или едва [существует], будучи чем-то неясным... Одна часть его была, и ее уже нет, другая — будет, и ее еще нет... А то, что складывается из несуществующего, не может, как кажется, быть причастным существованию”.

Далее, в 11-й главе, доказывается, что “время не есть движение, но и не существует без движения” [Там же, с. 147]. Значит, время так или иначе существует, хотя бы в виде атрибута движения! Главный вывод (завершающая фраза главы 11) звучит так:

“Что время таким образом есть число движения в отношении к предыдущему и последующему и, принадлежа непрерывному, само непрерывно — это ясно”.

Общность между временем и числом обнаруживается не только в своеобразной *призрачности* существования. В гл. 12 читаем:

“...С помощью числа мы узнаем количество лошадей и, наоборот, [считая] по одной лошади, число лошадей. То же относится ко времени и к движению: временем мы измеряем движение, а движением время”.

(Как тут снова не вспомнить Козьму Прутков: “Часами измеряется время, а временем жизнь человеческая”?!)

В последней цитате Аристотель, привлекая на помощь лошадей, обращается, наконец, от проблемы *существования* времени к проблеме его *измерения*, но делает это в настолько “свернутом” виде, что реальные рекомендации из его текста извлечь невозможно. Правда, в других местах — например, в первой главе 10-й книги “Метафизики” — он говорит, что “движение измеряют простым и наиболее быстрым движением, так как оно занимает наименьшее время” (таковым оказывается движение неба).

Но и это высказывание не дает понять, каким образом предполагается реально выполнить измерение движения, а вместе с ним времени.

Вопрос о *единстве времени* возникает в последней, 14-й главе четвертой книги “Физики”:

“Может также возникнуть вопрос: для какого именно движения время есть число? Или для всякого? Ведь во времени всё возникает, гибнет, растет, качественно изменяется и перемещается; поскольку всё это есть движение, постольку время есть число каждого движения... Ведь если, [например], это собаки, а это лошади, причем тех и других семь, то число их одно и то же, точно так же и для движений, заканчивающихся вместе, время одно и то же, хотя одно движение может быть быстрее, другое — медленнее, одно — перемещение, другое — качественное изменение... И вот поэтому-то движения различны и происходят отдельно друг от друга, а время везде одно и то же...” [53, с. 157–158].

Методологическое прерывание 2.13.

Единство времени

Не все ученые, подобно Аристотелю, воспринимали единство времени как нечто очевидное и даже поддающееся *логическому доказательству*. Посмотрим, например, как эта сторона проблемы времени отражена в высказываниях римлянина Кассиодора — он упоминался выше, в разд. 2.1, — о солнечных и водяных часах, или, как тогда было принято говорить, *орологиях* (от лат. *hora* — час как единица времени).

Приведем, пользуясь монографией [29], три отрывка из текстов Кассиодора. Два из них содержатся в его письме, направленном в 507 году Боэцию (он тоже упоминался в разд. 2.1):

“Первые часы вы сделайте так, чтобы палочка — указатель дневного времени — показывала часы малой тенью. Таким образом, неподвижный и малый радиус, намечая путь, который пробегает чудесное величие Солнца, воспроизводит его течение, сам не зная движения...”

“Второй орологий должен указывать часы без помощи солнечных лучей, деля на части ночь. Он ничем не обязан светилам, выражая расчет неба течением вод. В их движении показывает он обороты неба...”

Третий текст написан после ухода Кассиодора в монастырь и адресован монахам:

“Я приспособил для вас, вы знаете, два орология. Один, где указателем является солнечный свет. Другой — водяной. Здесь часы отмечены и днем, и ночью. Ведь и днем иногда нет солнечного света, и то, о чем умолчал его пламень, чудесно являет вода...” [29, с. 67].

Выделим здесь дважды повторенную необычную мысль: течением вод выражается расчет неба; о чем умолчал пламень Солнца, чудесно являет вода. Видно, что Кассиодор представляет время неким единым потоком, который управляет всеми процессами в мире, какими бы различными они ни были. Но он ведь не просто сообщает об этом, в его речах сквозит удивление. Создается впечатление, что синхронное протекание этих процессов для Кассиодора граничило с чудом.

И это ведь действительно так. Вспомним, что Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646—1716), создавая более чем через тысячелетие после Кассиодора и Боэция философское учение о *монадах*, вдохновлялся тем, что несколько механических часов могут идти синхронно, *ничего не зная друг о друге*. Разве это не удивительно?

По сути, и “абсолютное, истинное, математическое время” И. Ньютона, протекающее равномерно “без всякого отношения к чему-либо внешнему”, тоже есть нечто чудесное. Да и время теории относительности хотя и течет различно в разных системах отсчета, но подчиняется жестким взаимосвязям.

Может быть, нам следует удивиться именно самим себе: ведь мы перестали удивляться тому, что казалось чудесным Кассиодору и Лейбницу. По крайней мере автор монографии [29] никак не выделил и не прокомментировал процитированные мысли Кассиодора.

Возврат из прерывания 2.13.

Проблема времени и его измерения после Аристотеля с новой силой была поставлена Аврелием Августином (354—430). Мы не только упоминали его выше, но в методологическом прерывании 2.8 даже привели заключительный отрывок из той части текста книги 11 его “Исповеди”, которая посвящена времени. Теперь нужно вернуться к этому тексту, но он слишком длинен, чтобы

воспроизвести его полностью. Выберем лишь несколько фрагментов:

“Что же такое время? Если никто меня об этом не спрашивает, я знаю, что такое время; если бы я хотел объяснить спрашивающему — нет, не знаю”.

“Как может быть долгим или кратким то, чего нет? Прошлого уже нет, будущего еще нет”.

“И однако, Господи, мы понимаем, что такое промежутки времени, сравниваем их между собой и говорим, что одни длиннее, а другие короче. Мы даже измеряем, насколько одно время длиннее или короче другого, и отвечаем, что этот промежуток времени вдвое или втрое больше или меньше того, или что оба равны”.

“В каком же промежутке измеряется время, пока оно идет? В будущем, откуда оно приходит? Того, чего еще нет, мы измерить не можем. В настоящем, через которое оно идет? То, в чем нет промежутка, мы измерить не можем. В прошлом, куда оно уходит? Того, чего уже нет, мы измерить не можем”.

“Я слышал от одного ученого человека, что движение Солнца, Луны и звезд и есть время, но я с этим не согласен. Почему тогда не считать временем движение всех тел? Если бы светила небесные остановились, а гончарное колесо продолжало двигаться, то не было бы и времени, которым мы измеряли бы его обороты?”

“Признаюсь Тебе, Господи, я до сих пор не знаю, что такое время... Горе мне! Я не знаю даже, чего я не знаю”.

“Мы измеряем, следовательно, не будущее время, не прошедшее, не настоящее, не проходящее — и все же мы измеряем время”.

И сразу после этих слов идет тот текст, который был целиком воспроизведен в методологическом прерывании 2.8, — о том, что время измеряется “в душе” благодаря человеческой памяти.

Поразительна напряженность размышлений Августина. И при этом его анализ представляется более глубоким, чем спокойные, несколько самоуверенные высказывания Аристотеля.

Августин начинает почти с того же, что и Аристотель, — прошлого *уже* нет, будущего *еще* нет, настоящее не имеет длительности. Но он не пытается замаскировать проблему с помощью аналогии или даже *отождествления* времени с числом (заметим, кстати, что и некоторые современные философы подчеркивают сходство оси времени с числовой осью).

Вместо этого он рассуждает о том, каким образом можно “приложить” один отрезок времени к другому, не одновременно с ним, т. е. старается (то, что не может, уже не так важно!) реализовать *алгоритм измерения*.

Отметим, кстати, четко высказанное доверие к органам чувств: “Каждый долгий [слог] длится вдвое дольше каждого краткого: я утверждаю это, произнося их: поскольку это ясно воспринимается слухом, то оно так и есть”.

Наконец, Августин обнаруживает роль *памяти* в восприятии времени... и тут же переводит рассуждение в субъективный план, сразу забывая о совершенно объективном “гончарном колесе” — знаменитом примере, который только что сам же приводил.

Методологическое прерывание 2.14.

Время, память, часы

А что, если мы не будем связывать память *только* с человеческой душой, как это сделал Августин? Ведь память свойственна и неживой природе. Пожалуй, наиболее наглядным образом здесь может служить “падающая звезда” — метеорит, оставляющий за собой огненный след, как бы хвост памяти, довольно быстро исчезающий.

Аристотель доказывал, что время, как и движение, делимо, но вместе с тем содержит неделимое “теперь” — своего рода пограничную точку, разделяющую прошедшее и будущее. Так же мыслил и Августин.

Однако, опираясь на аналогию с падающей звездой, можно представить время не в виде совокупности *непротяженных точек* “теперь” (за этим представлением стоят многовековые споры о непрерывном и дискретном, *якобы* снятые современной теорией математического континуума), а в виде последовательности *хвостатых точек*, событий вместе с их следами. Такое представление если не объясняет, то по меньшей мере демонстрирует и важнейшую особенность времени — его однонаправленность.

А теперь вспомним, что все используемые сейчас средства измерения времени, например механические часы со стрелками или электронные кварцевые часы, содержат устройства, *запоминающие* число циклов движения некоторой колебательной системы.

Да и сама колебательная система, например, типа баланс—спираль содержит *элементы памяти*: баланс помнит — по возможности сохраняет — инерцию своего движения; спираль помнит, что ее закрутили, и стремится вернуться в исходное положение. В кварцевом кристалле “инерционная память” и “упругая память” объединены в одном элементе, что не меняет сути.

Более общее положение, относящееся к времени, состоит в том, что на множестве событий поддается непосредственному выявлению только одно отношение — *одновременность*. Для выявления другого важнейшего отношения — *предшествования* (порядка) необходима память: одно событие предшествует другому, если память о первом одновременна со вторым событием.

Итак, вывод Августина о роли памяти в измерении времени чрезвычайно содержателен; не нужно только ограничивать процессы памяти человеческой душой.

Раз уж мы неожиданно перенеслись из древности в наше время, сравним полную сомнений речь Августина еще и с короткой, совершенно лишенной сомнений цитатой из лекции известного советского физика Л. И. Мандельштама. Она приведена в идеологически нагруженной книге [65]:

“Таким образом, время, т. е. то, что я подставляю в формулы Ньютона вместо t , есть то, что показывает стрелка моих часов”.

И А. С. Сонин, автор книги [65], добавляет: “Физику всё здесь предельно ясно” (подтекст: а философ понять не может).

Но так ли ясно? Что, если “*мои часы*” стоят или хотя бы, *как все часы*, идут неточно? Действительно ли время есть *только* число, которое Мандельштам подставляет в формулу? А главное — ведь часы *специально сделаны* для того, чтобы их стрелка “показывала время”. Значит, Мандельштам допускает явный логический круг? Мы видим, что крупный современный ученый позитивистского склада ума, снисходительно глядя с высоты своих специальных знаний, легко пренебрегает глубокими проблемами, над которыми ломали головы древние и средневековые мыслители. А уж пишущему о нем популяризатору и вовсе “всё предельно ясно”.

И это не промах лично Мандельштама или Сонины. В современной философии физики глубоко укоренилось убеждение, что формулы теории связываются с реальным миром только с

помощью фиксированных “рецептов измерения” (см., например, [66, с. 33]), реализуемых с помощью приборов.

В действительности “рецепты измерения” не устанавливаются раз и навсегда по соглашению, а по мере углубления наших знаний изменяются. Изменяются даже эталоны, *по определению* хранящие размеры единиц величин. Еще важнее то, что формулировке “рецептов”, как ясно показывает история измерений, во многих случаях предшествует длительная, кажущаяся вначале бессмысленной или безнадежной работа по формированию понятий конкретных измеряемых величин. Мы увидим это впоследствии на примере величин, характеризующих движение.

Заметим еще, что Исаак Ньютон со своим (много раз осужденным потомками) абсолютным временем ясно понимал, что нельзя отождествлять время с показаниями часов, и четко выразил эту мысль:

“Возможно, что не существует (в природе) такого равномерного движения, которым время могло бы измеряться с совершенною точностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени изменяться не может” [33].

Возврат из прерывания 2.14.

Наверное, в большом массиве трудов Аристотеля можно было бы найти и другие вопросы, имеющие отношение к информационной сфере, но мы ограничимся тем, что уже сказано.

Сочинения Аристотеля опубликованы и доступны; интересующийся читатель может обратиться непосредственно к ним.

2.6. Развитие информационной сферы в эллинистическом мире

Б. Л. ван дер Варден начинает обзор греческой математики “александрийской эпохи” с подробного обсуждения того обстоятельства, что в отличие от классического периода “в эллинистическую эпоху искусство и наука не были уже всенародным делом; ими занимались лишь ученые и любители искусства из высокообразованных кругов при царских дворах Александрии, Сиракуз, Селевкии” [19, с. 280]. Тем не менее именно начало этого периода стало временем наивысшего расцвета греческой математики.

Б. Л. ван дер Варден датирует его так: 330—200 годы до нашей эры. Как уже было сказано, наш отечественный историк С. Я. Лурье для всего эллинизма указал даты 338—146 годы до нашей эры. Историк техники Б. И. Козлов отводит эллинизму период, начинающийся 334—323 годами и заканчивающийся 30 годом до нашей эры. Мы же в этом разделе будем полагать, что эллинистический *мир* с присущей ему культурой существовал еще долгое время после римского завоевания.

Первым из деятелей эллинистической эпохи назовем *Евклида*, работавшего в Александрии при Птолемеи I и возглавлявшего Музей. Ван дер Варден считает Евклида в большей степени последним математиком более раннего “века Платона” на том основании, что он в своих знаменитых “Началах” многое заимствовал у Теэтета, Евдокса и других математиков. Таким образом, по мнению ван дер Вардена, “он представлял собой не столько начало нового расцвета, сколько завершение всего, что ему предшествовало” [19, с. 280].

Заметим, что название этого наиболее известного труда Евклида по-гречески звучит *Στοιχεῖα* — это множественное число встретившегося в методологическом прерывании 2.8 слова *στοιχεῖον*, исходно означавшего *букву* и произносимый *звук*, а в настоящее время обычно переводимого как *элемент* и даже *стихия*.

У Евклида были и другие сочинения по математике, а также по оптике, теории музыки, астрономии [Там же, с. 273—275]. Они вряд ли представляют интерес для нас, но отметим одно положение из его труда по теории музыки, который обычно называют полатыни *Sectio Canonis* (некоторые историки считают авторство Евклида сомнительным). Это положение — возможно, заимствованное у Гераклида Понтийского — относится к природе звука:

“...Одни тона будут необходимо более высокими, поскольку они складываются из более часто следующих друг за другом многочисленных движений, а другие, наоборот, более низкими, потому что они состоят из более редких и меньшего числа движений. Если тон слишком высок, то его спускают, именно, тон достигает настоящей высоты при помощи отнимания движения. Если он слишком низок, то его напрягают сильнее, т. е. при помощи прибавления движения тон приобретает настоящую высоту. На этом

основании можно сказать, что тона состоят из частичек, так как они достигают истинной меры при помощи прибавления и отнятия. Но всё, что состоит из частичек, относится друг к другу как целые числа, поэтому тона тоже необходимо должны относиться как целые числа” [19, с. 428—429].

Нельзя сказать, что аргументация в этом отрывке безупречна с точки зрения логики, но здесь, во-первых, ясно высказана колебательная сущность звука, а во-вторых, пожалуй, впервые, хоть и косвенным образом, отмечена связь между частотой и числом, играющая важную роль в современной информационной технике.

Обращаясь теперь к содержанию “Начал”, следует выделить не столько собственно математические вопросы, сколько важный *методологический принцип* — аксиоматическое изложение материала.

Исходные определения Евклида — “точка есть то, что не имеет частей”, “линия есть длина без ширины” и т. д. — часто служат объектом критики. Действительно, *в современных аксиоматизированных теориях нет определений*, считается достаточным дать перечень терминов или символов. Принято считать, что и в аксиоматике Евклида определения бесполезны, так как не используются в последующих доказательствах. Представляется, что это не совсем так. По крайней мере на то, что точка не имеет частей, многие античные авторы ссылались в спорах о структуре континуума.

Кроме того, Б. Л. ван дер Варден не зря говорит о “необычайном педагогическом даровании” Евклида (но вместе с тем утверждает, что “Евклид, конечно, не принадлежит к числу великих математиков”) [Там же, с. 269—270]. Для первоначального знакомства с геометрией полезны наглядные представления о ее объектах (рис. 2.16). *Во всех науках исходные понятия не поддаются определению*. Но, тем не менее, как уже было сказано в методологическом прерывании 1.2, самые выдающиеся мыслители прошлого не стеснялись формулировать, если можно так выразиться, “определения, не являющиеся определениями” (и за это тоже подвергались критике).

За определениями Евклид поместил пять *постулатов*, которые мы приведем в том виде, как их перечисляет Б. А. Розенфельд:

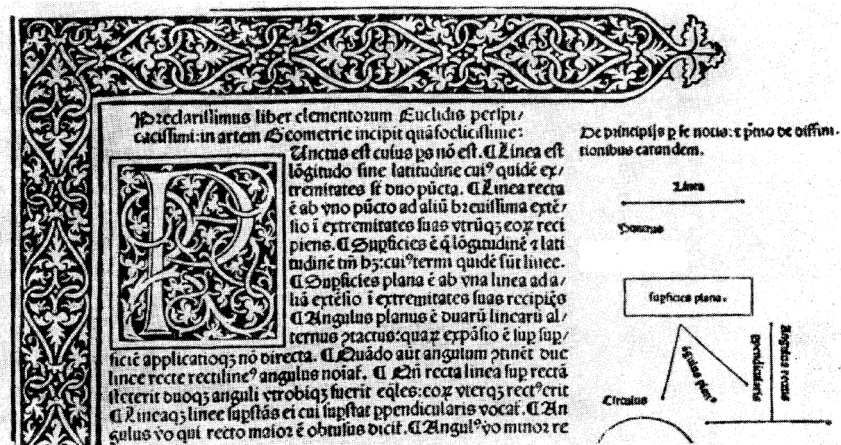


Рис. 2.16. Часть страницы издания “Начал” Евклида (1482 г.) с рисунками, иллюстрирующими исходные понятия [2]

“I. Допустим, что от всякой точки до всякой точки [можно] провести прямую линию.

II. И что ограниченную прямую [можно] непрерывно продолжать по прямой.

III. И что из всякого центра и всяким раствором [может быть] описан круг.

IV. И что все прямые углы равны между собой.

V. И если прямая, падающая на две прямые, образует внутреннее и по одну сторону углы, [в сумме] меньшие двух прямых, то, продолженные неограниченно, эти прямые встретятся с той стороны, где углы меньше двух прямых” [4, с. 36].

В статье С. А. Яновской, посвященной истории аксиоматики, проводится та мысль, что все пять постулатов Евклида “формулируют точно задачи, которые принимаются им за уже решенные” [67, с. 178]. У первых трех постулатов эта конструктивная сторона очевидна; четвертый, по Яновской, обеспечивает *однозначность* продолжения ограниченной прямой, а пятый указывает, где искать точку пересечения непараллельных прямых, — более привычная для нас формулировка о единственности параллельной, проходящей через заданную точку, не обладает этим конструктивным свойством.

Такой характер постулатов С. А. Яновская объясняет особенностями алгоритмов *построения*, свойственных геометрии (не таковы алгоритмы арифметики, опирающиеся только на потенциальную осуществимость любого натурального числа):

“Программу решения задачи построением нельзя даже сформулировать, если не договориться о том, какими инструментами можно пользоваться, какие операции предполагаются непосредственно осуществимыми, хотя практически, может быть, и не всегда являются таковыми. Решение задачи состоит, таким образом, в сведении ее к задачам, принятым за решенные, а алгоритм, решающий массовую геометрическую задачу построением, есть уже в отличие от алгоритмов арифметики натуральных чисел алгоритм сводимости” [67, с. 178].

После постулатов у Евклида даны пять *аксиом* о сравнении величин. Они уже были перечислены выше как заимствованные у Евдокса (всего аксиом девять). Возникает вопрос: в чем принципиальная разница между постулатами и аксиомами? Ответ дан в 10-й главе первой книги “Второй аналитики” Аристотеля, где идет речь об аксиоматическом построении науки. Исходные положения (по Евклиду, постулаты и аксиомы) именуются там *началами*:

“Под началами в каждом роде я разумею то, относительно чего не может быть доказано, что́ оно есть... То, что начала существуют, необходимо принять, прочее следует доказать...

Из тех [начал], которые применяются в доказывающих науках, одни свойственны лишь каждой науке в отдельности, другие общи всем... Свойственные одной науке — например, то, что линия такова и прямое таково; общее же — например, если от равного отнять равное, то останется равное же” [61, с. 274].

Вот, оказывается, в чем разница: постулаты у Евклида “свойственны одной науке”, аксиомы же — “общие всем”. При этом, по Аристотелю, может даже оказаться, что постулат, принимаемый без доказательства, “есть нечто противное мнению изучающего”. Именно поэтому он должен быть явно сформулирован. Напротив, как считает Аристотель, “определения же должны быть только поняты, и это не предположения” [Там же, с. 275].

Яновская так объяснила наличие “начал”, общих всем наукам: это не посылки, а *правила вывода*. Но если эти правила действи-

тельно общие, зачем же тогда их формулировать в конкретной науке — геометрии?

Софья Александровна дает ответ и на это: “...те принципы вывода, которые являются общими для всех наук, но по-особому применяются в каждой науке, надо и особо для нее сформулировать. Так, в частности, нужно указать, когда два геометрических объекта будут считаться *равными*” [67, с. 164].

Когда “начала” отчетливо изложены, последующее развертывание науки должно происходить исключительно с помощью дедукции. Такие науки Аристотель называл *доказывающими*.

Методологическое прерывание 2.15.

Аксиоматика до и после Евклида

Евклида вряд ли можно считать пионером аксиоматического способа построения науки. Еще до него Аристотель подробно сформулировал принципы аксиоматического подхода, а он не мог бы этого сделать, если бы аксиоматика, пусть в недостаточно развитом виде, уже не использовалась бы другими математиками. Ведь известно, что и до Евклида появлялись математические трактаты с названием “Начала”.

После Евклида его комментаторы, естественно, делали попытки усовершенствовать аксиоматику. “Однако, — пишет П. К. Рашевский, — эти попытки... не знаменовали собой новых, принципиально более высоких точек зрения и делались ощупью” [40, с. 14]. И вот вывод Рашевского:

“Подлинное развитие вопроса об основаниях геометрии пошло не по прямому пути логического уточнения аксиоматики и доказательств Евклида, а осуществилось причудливым образом через длинный ряд попыток исправить Евклида там, где он был совершенно прав. Мы имеем в виду историю V постулата Евклида”.

Заметим здесь, что наука вообще имеет обыкновение развиваться “причудливым образом” и нередко совершает неожиданные скачки.

Нам нет смысла углубляться в историю V постулата, поскольку имеется монография [4], в которой эта история подробнейшим образом освещена. Отметим только, что разнообразные попытки доказать V постулат как теорему делались на протяжении 2000 лет и продолжались даже после того, как Николай Иванович Лобачевский (в докладе 1826 г. и мемуаре 1829 г.) и независимо от него

Янош Бойяи (в 1832 г.) опубликовали идеи, свидетельствующие о непротиворечивости неэвклидовой геометрии.

В 1860-х годах открытие Н. И. Лобачевского наконец было признано многими учеными (исключением был К. Ф. Гаусс, который еще раньше научился читать по-русски, чтобы ознакомиться с трудами Лобачевского, хотя и не нашел в них для себя “ничего фактически нового”). Тогда и стала актуальной задача построения аксиоматических систем, удовлетворяющих требованиям полноты, независимости и непротиворечивости.

В 1882 году в составе “Лекций по новой геометрии” Морица Паша (1843–1930) была опубликована аксиоматическая система, содержащая 12 аксиом принадлежности и порядка и 10 аксиом конгруэнтности [40, с. 19–20]. В 1889 году вышли “Логически изложенные основания геометрии” Джузеппе Пеано (1858–1932), в которой были даны только аксиомы принадлежности и порядка.

Марио Пиери (1860–1913), ученик Джузеппе Пеано, в 1899 году опубликовал книгу “Элементарная геометрия как дедуктивная система”, в которой аксиоматическая система была построена на основе двух основных понятий: *точка* и *движение*. Например, плоскость в этой системе получалась как совокупность прямых, соединяющих точки некоторой прямой с точкой, не лежащей на этой прямой [Там же, с. 22].

В какой-то степени система Пиери напоминала античные представления о том, что движение точки производит линию, а движение линии — плоскость. Нужно заметить, что Лобачевский придерживался противоположных взглядов — для него первичным понятием было тело, а поверхность и точка рассматривались как производные от тела.

И наконец, в 1899 году, как уже было сказано в методологическом прерывании 2.11, вышла книга “Основания геометрии” Давида Гильберта (1862–1943), ставшая классическим образцом аксиоматического построения этой науки. На исходном материале этой книги остановимся подробнее.

Первая глава книги Гильберта начинается словами:

«Мы мыслим три различные системы вещей: вещи первой системы мы называем *точками* и обозначаем $A, B, C, \dots$; вещи второй системы мы называем *прямыми* и обозначаем $a, b, c, \dots$; вещи третьей системы мы называем *плоскостями* и обозначаем $\alpha, \beta, \gamma, \dots$

Мы мыслим точки, прямые и плоскости в определенных соотношениях и обозначаем эти соотношения различными словами, как-то: “лежать”, “между”, “конгруэнтный”, “параллельный”, “непрерывный”. Точное и для математических целей полное описание этих соотношений достигается *аксиомами геометрии*».

Видно, что здесь перед нами *перечень терминов теории* и их обозначений без каких-либо пояснений или ссылок на наглядные образы. Это типично для аксиоматизированных теорий — грубо говоря, они описывают *неизвестно что*. Д. Гильберт допускает еще некоторую вольность, используя в дальнейшем изложении не только слова из приведенного выше перечня “соотношений”, но и их синонимы. В “хорошо аксиоматизированной теории” даже это не должно разрешаться.

После перечня терминов Гильберт помещает *аксиомы* с некоторыми комментариями. Полностью приводить здесь систему аксиом Гильберта нет необходимости, но полезно дать хотя бы несколько примеров. Вот первые три аксиомы из *первой группы* (в нее входят аксиомы *соединения*, или *принадлежности*):

“ I_1 . Для любых двух точек A, B существует прямая a , принадлежащая каждой из этих двух точек A, B .”

I_2 . Для двух точек A, B существует не более одной прямой, принадлежащей каждой из точек A, B .

I_3 . На прямой существуют по крайней мере две точки. Существуют по крайней мере три точки, не лежащие на одной прямой”.

Заметим, что Гильберт использует без определения слово “существует”, значение которого вовсе не очевидно (и не выясняется из аксиом). Хотелось бы считать, что математический объект *существует* тогда, когда его можно построить или хотя бы указать область, в которой он находится.

К сожалению, в математике имеются *теоремы существования*, не указывающие способа построения рассматриваемого объекта, а только утверждающие, что его существование не противоречит аксиомам.

В этом отношении конструктивные формулировки постулатов Евклида, безусловно, лучше неконструктивных формулировок аксиом Гильберта. Ведь в дальнейшем, при выводе следствий из аксиом, Гильберту все равно приходится говорить: “...на основании аксиомы... выберем точку” — а как? Может быть, следовало

оговорить возможность произвольного выбора точки в качестве одного из *правил вывода* — вообще говоря, такие правила должны присутствовать в любой аксиоматизированной теории, — но Д. Гильберт их не формулирует.

Дальнейшее содержание книги Гильберта (введение новых понятий с помощью определений через уже известные, доказательства теорем, исследование непротиворечивости и взаимной независимости аксиом и т. д.) не будем обсуждать. Некоторые дополнительные сведения были уже приведены в методологическом прерывании 2.11.

Пример современной аксиоматизированной теории можно найти в любом учебнике математической логики.

Однако, прежде чем выйти из прерывания, затронем вопрос о том, нужно ли стремиться к аксиоматизации *всякой теории*.

Конечно, аксиоматизированная теория выглядит красиво. Однако вспомним слова П. К. Рашевского из предисловия к книге Д. Гильберта, о которой только что шла речь (они были приведены без сокращений в методологическом прерывании 2.4):

“Геометрия как физика изучает свойства протяженности материальных тел (и значит, ее объекты определяются не с помощью аксиом, а через указание на материальные тела)... Геометрия как математика интересуется лишь логическими зависимостями между своими положениями, более точно — занимается логическим выводом из некоторого числа положений (аксиом) всех остальных”.

Это значит, что аксиоматизация нужна в тех случаях, когда представляет интерес *логическая структура теории*, а не отношение ее к внешнему миру. И тогда аксиомы должны быть сформулированы так, чтобы по соответствующим *правилам вывода* из них можно было получить *все другие* утверждения теории (а также, возможно, исследовать вопрос: как деформируется теория, если отказаться от какой-либо аксиомы?).

Сопоставим с этими, казалось бы, очевидными положениями две первые аксиомы из числа предлагавшихся отечественными специалистами в качестве основы теории измерений:

“1. Существует истинное значение измеряемой величины.

2. Истинное значение измеряемой величины определить невозможно”.

Что и каким образом из этого можно *вывести*?

Создается впечатление, что аксиоматизация представляет собой острое, но и опасное орудие развития науки, и с этим орудием следует обращаться с надлежащей осторожностью.

Возврат из прерывания 2.15.

Здесь нет необходимости анализировать дальнейшее содержание “Начал” Евклида (это содержание, а также и вероятное *происхождение* материала различных книг “Начал” подробно рассмотрено, например, Б. Л. ван дер Варденом [19]). Но несколько моментов отметить все же нужно.

В о-п е р в ы х, упомянем о том, что Евклид при доказательстве несоизмеримости диагонали и стороны квадрата использовал именно то доказательство (основанное на том, что одно и то же число не может быть одновременно четным и нечетным), которое было приведено в разд. 2.3 при рассказе о пифагорейской школе [19, с. 154].

В о-в т о р ы х, с позиций истории информационной сферы представляет интерес утверждение Д. Я. Стройка [2, с. 68] о том, что в VI книге “Начал” содержится первая из дошедших до нас *задач на экстремум*: там доказано, что из прямоугольников заданного периметра наибольшую площадь имеет квадрат.

В-т р е т ь и х, в книгах “Начал”, посвященных теории чисел, имеется и “теорема Евклида” о том, что простых чисел бесконечно много, и “алгоритм Евклида” для нахождения наибольшего общего делителя (“общей меры”) двух чисел. И эта теорема, и этот алгоритм играют определенную роль в современной криптографии. Вероятно, еще раньше греки умели использовать алгоритм Евклида в его геометрическом варианте для нахождения общей меры двух отрезков — нужно вычитать из большего отрезка меньший, пока это возможно, потом вычитать полученный остаток из меньшего отрезка, потом вычитать второй остаток из первого и т. д. Они знали, что, если этот процесс никогда не заканчивается, исходные отрезки несоизмеримы. Таким способом можно было получить еще одно доказательство несоизмеримости диагонали квадрата и его стороны [19, с. 177].

Следующим крупным ученым по порядку предполагаемых дат рождения нужно назвать *Аристарха* Самосского. Он первым

высказал гипотезу о том, что Земля движется вокруг Солнца (а звезды находятся так далеко, что движение Земли не вызывает их видимых смещений). Эта гипотеза по ряду причин не была принята научной средой Греции. По мнению И. Д. Рожанского, значительно более важным явилось другое его достижение:

“...Величие Аристарха выражается прежде всего в том, что он впервые попытался по наблюдательным данным определить как относительные размеры небесных светил (Земли, Луны и Солнца), так и относительные расстояния между ними. Это был шаг величайшего значения...” [44, с. 148].

Суть этого достижения изложим с помощью цитат из книги Б. Л. ван дер Вардена, а также из научно-технического энциклопедического словаря — для нас важно будет не только содержание работы Аристарха, но и отношение к ней наших современников. Итак, слово ван дер Вардену:

«Из произведений Аристарха сохранился только небольшой, но необычайно интересный трактат “О расстояниях Солнца и Луны”... В этом произведении Аристарх, опираясь на некоторые выведенные из наблюдений “гипотезы”, строго математически доказывает следующие положения:

1. Расстояние от Земли до Солнца более 18-кратного, но менее 20-кратного расстояния от Земли до Луны.

2. Диаметры Солнца и Луны находятся в том же самом отношении, как и их расстояния.

3. Отношение диаметра Солнца к диаметру Земли больше 19:3 и меньше 43:6».

Здесь ключевым является первое утверждение. Второе утверждение вытекает из первого, если принять, что угловые размеры Солнца и Луны, как они видны с Земли, одинаковы. Третье утверждение тоже связано с первым, но опирается еще и на наблюдения затмений (о чем мы не будем говорить).

Доказательство первого утверждения подробно рассмотрено ван дер Варденом. Это чисто геометрическое доказательство для нас не представляет большого интереса, но необходимо процитировать текст ван дер Вардена, относящийся не к самому доказательству, а к его предпосылкам — к тому, что можно назвать *схемой наблюдений* (рис. 2.17):

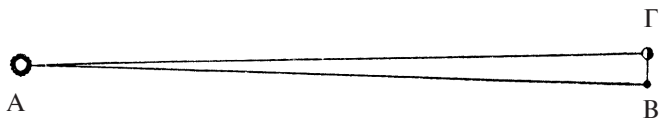


Рис. 2.17. Схема наблюдения Аристарха Самосского:

А – Солнце; В – Земля; Г – Луна

(Аристарх измерял отклонение угла АВГ от 90°) [19]

“Это доказательство очень важно для истории тригонометрии, ибо здесь впервые дается метод получения приближенного значения для синуса малого угла (именно 3°). Он основывается на предположении, что *в тот момент, когда мы видим ровно половину Луны, т. е. когда плоскость большого круга, разделяющего освещенную и темную части Луны, проходит через наш глаз, угол между направлениями к Солнцу и Луне как раз равен прямому углу без $1/30$ его части*. В действительности этот угол равен не 87° , но $89^\circ 50'$, но математический вывод остается таким же изящным...”

Энциклопедический словарь выражается короче:

“Греческий астроном Аристарх измерял относительное расстояние до Солнца и Луны. Когда Луна находится в первой четверти [на рисунке Б. Л. ван дер Вардена Луна в третьей четверти, что не меняет сути дела], угол, образуемый между нею и Солнцем, почти равен 90° . Измеряя угол с Земли, Аристарх мог определить из треугольника относительное расстояние от Земли. Он определил, что угол равен 87° , притом, что истинное значение $89^\circ 52'$; ошибка незначительная, однако она приводит к большому расхождению в соотношении расстояний от Земли до Солнца и Луны соответственно. У Аристарха получилось соотношение 19:1, а на самом деле оно равно 370:1”.

Как же получилось, что Аристарх “строго математически” получил нижнюю и верхнюю оценки искомого отношения и указал, в современных терминах, “пределы допустимой погрешности” около $\pm 5\%$, а фактическая погрешность составила почти 2000 %? Дело в том, что он искал отношение двумя приближенными математическими методами, один из которых давал заниженный, а другой завышенный результат. Эти результаты он и указал как пределы, в которых находится искомое отношение. Оценить

погрешности *исходных данных* Аристарх не сумел, а скорее всего, увлеченный “математической строгостью”, даже не подумал о них.

А математик Б. Л. ван дер Варден это прощает и даже не сообщает действительное значение отношения — надо думать, для него “изящество вывода” важнее ошибок, *полностью обесценивших результат*. Энциклопедический словарь тоже выразился странно: “ошибка незначительная”. Она *кажется* незначительной, если расхождение $2^{\circ} 52'$ (между прочим, это больше, чем пять солнечных дисков) отнести к 87° . Но ведь в данном случае существенно не само значение угла, а его отклонение от прямого! У Аристарха получилось 3° , т. е. $180'$, а на самом деле, если верить словарю, отклонение всего $8'$ — ошибка *более чем 20-кратная*.

Не будем разбираться в происхождении ошибки Аристарха — у нее могло быть несколько причин. Вообще, по-видимому, Аристарх был не очень хорошим наблюдателем [44, с. 148], но, кроме того, использованная им схема наблюдения очень критична к погрешностям, а точно измерить малое отклонение от прямого угла, конечно, чрезвычайно трудно. И всё же, делая акцент на информационной точке зрения, отметим факты:

а) крупный античный ученый *тщательно учитывает* погрешности вычислений и *игнорирует* погрешности наблюдений, более чем на порядок превышающие их, в итоге *ошибочные данные предстают как достоверные* (ведь для них указана неопределенность!);

б) крупный современный ученый не обращает на этот промах ни малейшего внимания и, приведя схему наблюдения, даже не пытается оценить ее на предмет чувствительности к погрешностям; зато его приводит в восторг метод вычислений.

Хотелось бы, чтобы нынешние отечественные специалисты не допускали просчетов такого рода. Пожалуй, главный урок Аристарха таков: *оценивание неопределенности результата может быть более важной операцией, чем получение самого результата!*

Великий ученый эллинистического периода, к которому мы теперь перейдем, *Архимед* (рис. 2.18) как раз сочетал в себе математический гений с практическим (можно было бы сказать, инженерным, если бы инженеры не появились много столетий спустя) подходом не только к практике, но и к теории.

Имеются противоположные мнения о соотношении теоретической и практической сторон деятельности Архимеда. Многие современные авторы утверждают: Архимед стыдился того, что ему приходилось заниматься таким “низким и недостойным делом”, как конструирование машин, — какую бы важную роль ни играли его механизмы в деле обороны Сиракуз от римлян.

Казалось бы, это подтверждается тем, что он завещал выбить на надгробном камне рисунок, представляющий его *геометрическое достижение*: шар, вписанный в цилиндр (что и было сделано). К тому же известно, что за мгновение до гибели от руки римского солдата он рассматривал не эскиз машины, а геометрический чертеж.

Однако известный историк науки И. Б. Погребысский, переводчик книги поддерживавшего это мнение Д. Я. Стройка [2], счел необходимым добавить к ее тексту примечание, где привел следующее высказывание (из вступительной статьи И. Н. Веселовского к изданию сочинений Архимеда, 1962 г.):

“Если придерживаться фактов, то Архимед и начал свою научную деятельность как механик, и закончил ее как механик, и в математических его произведениях механика является могучим средством для получения математических результатов, да и сами эти результаты не являются бесплодно висящими в воздухе, а применяются для обоснования механических теорий”.

Для истории информационной сферы наиболее существенным представляется то, что Архимед сформулировал *два первых в истории количественных физических закона*: закон равновесия рычага и закон потери веса телами, погруженными в жидкость.

Рычагом и вопросами равновесия тел Архимед занимался в течение длительного времени. Известны названия его ранних,



Рис. 2.18. Архимед

не дошедших до нас сочинений: “О весах” и “О рычагах”. Значит, начинал он с анализа работы весов — поистине замечательно то, что первый физический закон был открыт путем изучения *измерительного устройства*! Правда, в отношении теории весов у Архимеда были предшественники, но это не умаляет его заслуг.

В сохранившемся трактате “О равновесии плоских фигур” Архимед определил центры тяжести треугольника, параллелограмма, трапеции, параболического сегмента и параболической трапеции.

Вероятно, существовала и вторая часть сочинения с общим названием “О равновесии”, в которой Архимед определял центры тяжести цилиндра, призмы, конуса, параболоида вращения [44, с. 161–162]. В труде “О плавающих телах” Архимед исследовал даже равновесие тел различной формы, плавающих в жидкости.

В литературе встречается утверждение о том, что Архимед открыл понятие момента силы (см., например, [7, с. 15]). Это вряд ли справедливо — у Архимеда везде уравниваются *не силы, а площади или объемы тел*, ведь именно они считались “величинами”.

Для Архимеда как гениального ученого, сочетавшего в одном лице математика и механика, характерно то, что он сумел воспользоваться теорией рычага для решения *математических задач* — правда, как уже говорилось в методологическом прерывании 2.4, только для предварительного поиска результата, который затем доказывался строгими математическими методами.

На рис. 2.19 представлен чертеж из найденного в 1906 году сочинения Архимеда “Метод” (как уже было сказано, его называют также “Эфод”). Архимед доказывает, что площадь параболического сегмента составляет $\frac{4}{3}$ площади вписанного в него треугольника АВГ. При этом линию ГΘ он трактует как *рычаг* с точкой опоры в К.

Опуская подробности построения, приведем из работы Б. Л. ван дер Вардена только тот отрывок, который этот автор называет гвоздем метода:

“...Так как треугольник АГZ состоит из всех линий (вроде ЭМ), которые можно провести внутри треугольника, и так как параболический сегмент АВГ состоит из всех линий (вроде ЭО) внутри параболы, то треугольник АГZ, находясь на своем месте, должен уравновесить параболический сегмент, помещенный так, чтобы его центр тяжести был в точке Θ...” [19, с. 296].

Что касается работ Архимеда в области гидростатики (а он по существу явился основателем этой науки), то они, вероятно, были стимулированы “популярной историей с короной царя Гиерона” [44, с. 162].

Чаще говорят, что Архимед взвешивал воду, которая выливалась через край из сосуда, когда в него поочередно погружали корону и оба слитка. Тем самым он мог определить разницу объемов этих тел при одном и том же весе и по этой разнице оценить, сколько же серебра было примешано к золоту в короне.

Опять-таки, вряд ли прав историк физики Марио Льюцци, который утверждает, что Архимедом введено “новое фундаментальное понятие физики... понятие удельного веса”[7, с. 16]. Если бы

Архимед владел этим понятием, ему не нужно было бы заказывать слитки золота и серебра *одинакового с короной веса*. Архимед говорил только о “телах, имеющих равный вес и равный объем с жидкостью” и “телах, относительно более тяжелых, чем жидкость”.

Эксперимент Архимеда высоко оценивается и нынешними историками. Так, Я. Г. Дорфман делает смелое заявление:

“Выдающееся открытие Архимеда знаменует собой первое в истории применение физического измерительного метода к контролю и анализу химического состава без нарушения целостности изделия” [64, с. 64].

Получается, что Архимед явился родоначальником современной техники *неразрушающего контроля*?!

Резонанс, вызванный гидростатическим опытом Архимеда, не затухал в течение *многих столетий*. В частности, в первых веках нашей эры появляются приборы для измерения плотности жидкостей (сейчас мы называем их ареометрами).

Такой ареометр в конце III века изобрел александрийский физик и математик Папп [Там же, с. 94], а на грани IV–V веков сходное изобретение сделал Синезий из Кирены. Он описал изготовленный из бронзы прибор в письме к своей наставнице Ипатии под названием “гидроскоп” [Там же, с. 64].

Примерно в V веке (т. е. спустя семь веков после Архимеда!) появилась “Поэма о тяжестях” римского грамматика Присциана, в которой описывался именно метод обнаружения примеси серебра в золоте — до обобщения на другие металлы поэт не додумался [Там же, с. 89].

Активно занимались гидростатическими взвешиваниями ученые средневекового арабского мира (среди них, между прочим, Омар Хайям), но это будет рассмотрено в гл. 3.

Чрезвычайно интересна работа Архимеда “Исчисление песчинок” [20], лежащая на стыке математики и астрономии.

Задачу этой своей работы Архимед формулировал как опровержение бытовавшего мнения, что число песчинок на Земле неисчислимо велико:

«...Я утверждаю, что если бы был шар песку, равный аристархову шару неподвижных звезд, то можно доказать, что между числами, о которых говорится в книге “Начал”, есть такие, что они превосходят число песчинок, заполняющих этот шар».

Но, чтобы доказать это утверждение, нужно было, с одной стороны, определить размеры мирового шара и, с другой стороны, оценить размеры песчинки, а уже после этого показать способ построения очень больших чисел. Решая первую задачу, Архимед ссылается на оценки размеров небесных тел и расстояний между ними, принадлежащие другим ученым, но смело вводит “коэффициенты запаса” — в некоторых случаях небольшие, например 1,5, а в других случаях даже 10, например:

“...Я делаю следующие предположения: во-первых, окружность Земли имеет около трехсот мириад стадий [мириада составляет 10 000], но не больше; так как некоторые пытались доказать... что она имеет около тридцати мириад стадий, то я иду гораздо дальше, считая ее в десять раз больше, т. е. в триста мириад, однако не более”.

Но в одно из подобных предположений Архимед не только не ввел никаких коэффициентов, но и, напротив, счел нужным проверить его наблюдением. Речь идет о видимом размере Солнца:

“Кроме того, диаметр Солнца больше стороны тысячеугольника, вписанного в наибольший круг мира. Это я допускаю, опираясь на мнение Аристарха, утверждающего, что видимый размер Солнца есть одна семьсот двадцатая часть его орбиты, называемой Зодиаком”.

В этом месте Архимед переходит к описанию использованного им прибора для определения угла, под которым виден солнечный диск, и соответствующей методики наблюдения, попутно замечая, что “ни глаз, ни руки, ни инструменты, при этом применяемые, недостаточны для совершенно точных измерений. Впрочем [добавляет Архимед], считаю лишним распространяться об этом как о предмете, о котором уже не раз говорилось”.

Прибор Архимеда состоял из доски, направляемой на Солнце сразу после восхода (когда на него еще можно смотреть), на одном конце которой помещался глаз наблюдателя. Вдоль доски можно было перемещать круглый стержень (в книгах Б. И. Козлова [45] и Я. Г. Дорфмана [64] он изображен *лежащим*, что, по нашему мнению, неправильно), отодвигая его от глаза до тех пор, пока по сторонам стержня не начинало показываться Солнце. Далее следует замечательное рассуждение:

“Если бы глаз наблюдающего был точкой, то, проводя от конца линейки, находящегося у глаза, касательные к стержню [касательные можно провести только к основанию вертикально стоящего цилиндра!], он получил бы угол между этими прямыми, меньший угла, под которым видимо солнце, потому что часть солнечного диска была бы видима по краям по обе стороны стержня. Но так как глаз является не точкой, а частью, имеющей некоторый размер, я взял другой стержень с диаметром, не меньшим ширины зрачка, поместил его на конец линейки у глаза и, проводя касательные к обоим стержням, получил между ними угол, меньший того, под которым видимо солнце, если вершина его в центре глаза”.

В свою очередь, “стержень с диаметром, не меньшим ширины зрачка”, Архимед получил подбором с помощью специально поставленного эксперимента с двумя стержнями, один из которых должен был для глаза почти полностью закрывать другой. Вероятно, здесь мы имеем дело с первой в истории процедурой исключения *систематической погрешности* измерения!

“Измерив посредством прямого угла” получившиеся углы, Архимед привел окончательный результат наблюдения: от $1/200$ до $1/164$ прямого угла, т. е. в привычных для нас единицах от $27'$ до $32' 56''$. По современным данным видимый размер Солнца несколько меняется в течение года: в конце июня он наименьший и составляет $31' 28''$, а в конце декабря наибольший, равный $32' 37''$. Как видно, совпадение с результатами Архимеда очень хорошее. Отметим, кстати, что он не пользуется минутами и секундами, а измеряет угол в долях прямого угла.

Описав таким образом свой эксперимент, Архимед доказывает геометрическим построением, что “диаметр Солнца больше стороны тысячеугольника, вписанного в наибольший круг мира”, что в конечном итоге позволяет ему найти размер этого наибольшего круга.

Что касается оценивания размеров песчинок, то здесь Архимед тоже прибегает к значительным коэффициентам запаса. Обратимся снова к тексту “Исчисления песчинок”:

“Относительно песку я предполагаю следующее: во-первых, если взять количество его, не большее макового зернышка, то число содержащихся в этом объеме песчинок будет не больше ми-

риады. Во-вторых, диаметр этого зернышка не меньше $1/40$ части дюйма. Последнее допускаю, опираясь на следующий опыт: я положил на маленькой дощечке маковые зерна по прямой так, чтобы они касались друг друга, и оказалось, что 25 зерен занимают в длину больше дюйма. Но я допускаю, что маковые зерна еще меньше”.

Размер древнегреческого дюйма ($1/9600$ стадии) был несколько меньше размера нынешнего английского дюйма.

Далее в этом трактате Архимед показывает, каким образом можно построить систему счисления, позволяющую изобразить и назвать очень большие числа.

Длинные цитаты из текста Архимеда были нами приведены для того, чтобы можно было почувствовать его научный стиль — почти в таком же стиле через много веков описывал свои опыты И. Ньютон.

Математические достижения Архимеда в основном относятся к методам определения площадей и объемов. Историки математики утверждают, что он ближе подошел к идеям интегрального исчисления, чем Евдокс со своим методом исчерпывания. Здесь нет необходимости разбирать математические работы Архимеда — они подробно рассмотрены в литературе, например в многократно упоминавшейся выше книге [19].

После Архимеда мы (оставляя пока в стороне Ктесибия, который, возможно, был старше Архимеда) естественно перейдем к *Эратосфену* из Кирены — ведь Архимед вел с ним научную переписку.

Дадим опять слово Б. Л. ван дер Вардену: “Около 260 г. до н. э. молодой Эратосфен из своего родного города на берегу Африки уехал в Афины для изучения философии”. И далее: «...тогда в Афинах собрались корифеи философии. Это была эпоха развития вечно спорящих друг с другом философских школ. По образу платоновской Академии и аристотелевского Ликейя Эпикур основал свой “Сад”, а Зенон (из Китиона на Кипре) — “Стою” — портик с колоннами» [Там же, с. 315].

Добавим: *величайших корифеев* — Платона и Аристотеля — уже давно не было в живых. Академию в это время возглавлял Аркезилай (315–241); это была уже обновленная, Средняя Академия.

Перипатетиками после смерти непосредственного преемника Аристотеля — Теофраста (372—287) — руководил Стратон из Лампсака, а затем, с 269 года, — менее крупный ученый Ликон из Троады. От слова *стоя* — крытая галерея с колоннами — образовано название философской школы стоиков.

По-видимому, Эратосфен впитывал афинскую ученость, не связывая себя с каким-либо определенным философским направлением. Может быть, его больше привлекали математика и астрономия?

Вполне возможно — ведь, по мнению Б. Л. ван дер Вардена, эти науки можно было изучить не в Афинах, а только в Александрии, где Эратосфен и появился еще до того, как Птолемей III пригласил его ко двору в качестве воспитателя наследника престола.

И. Д. Рожанский пишет: “Эратосфен был необычайно разносторонним человеком, оставившим после себя сочинения по математике, астрономии, истории (хронологии), филологии, этике и т. д.; однако его географические работы были, пожалуй, наиболее значительными” [44, с. 130].

К этому времени греками был накоплен значительный запас географических знаний. Походы Александра Македонского расширили их представления об обитаемых странах. В войсках Александра были специальные люди, “бематисты” (вольный перевод — шагометристы), измерявшие шагами длину дорог и составлявшие описания маршрутов. При возвращении Александра из Индии флотоводец Неарх исследовал береговую полосу Индийского океана.

Рожанский пишет: “Данные, накопленные во время походов Александра, позволили ученику Аристотеля Дикеарху из Мессины составить карту всех известных тогда районов ойкумены” [Там же, с. 129]; он же попытался оценить размеры земного шара “с помощью измерений положения зенита на разных широтах (в районе Лисимахии у Дарданелл и у Ассуана в Египте)”. Об этом уже было сказано выше, в разд. 2.4.

О капитальном, состоящем из трех книг сочинении Эратосфена мы знаем только по тем сведениям, которые сохранились в трудах последующих ученых. По-видимому, в первой книге “Географии” был дан обзор работ всех предшественников, начиная

с древнейших времен. Во второй книге Эратосфен доказывает шарообразность Земли и упоминает о своем методе измерения ее окружности; подробно этот метод был описан в специальном сочинении.

Приведем соответствующий текст И. Д. Рожанского:

“...Метод состоял в измерении длины тени, отбрасываемой гномоном в Александрии в тот самый момент, когда в Сиене (Ассуане), находившейся приблизительно на том же меридиане, Солнце стоит прямо над головой... Угол между вертикалью и направлением на Солнце оказался (в Александрии) равным $1/50$ полного круга. Считая расстояние между Александрией и Сиеной равным 5000 стадиев (немного менее 800 км), Эратосфен получил для окружности земного шара приближенное значение 250 000 стадиев. Более точные вычисления дали значение 252 000 стадиев, или 39 690 км, что всего лишь на 310 км отличается от истинной величины” [44, с. 131].

Рожанский считает, что Эратосфен пользовался египетским стадием, составлявшим 157,5 м, — предположение вполне разумное, так как и Александрия, и Сиена находились в Египте. Б. Л. ван дер Варден, говоря об этом же измерении Эратосфена, равнодушно замечает: “Так как мы точно не знаем длины стадия, то можно только сказать, что порядок величины вполне удовлетворителен” [19, с. 317].

Порядок величины удовлетворителен! И это при том, что погрешность даже более грубой оценки ($50 \cdot 5000 = 250\,000$ стадиев) составила *немногим более 1,5 %*, а погрешность уточненной оценки даже около 0,8 %! Правда, малое число ненулевых цифр в исходных данных ($1/50$, 5000) заставляет подозревать, что такая потрясающая своей малостью погрешность получилась в какой-то степени случайно.

Прежде чем двигаться дальше, отметим, что и Эратосфен не пользуется еще градусной мерой углов; она вошла в употребление позже.

Теперь рассмотрим подробнее измерение Эратосфена. В чем оно состояло? Ведь всё, что было реально сделано, — это определение угла, под которым падают на поверхность Земли солнечные лучи в некоторый момент времени. Хорошо, угол измерить

можно, а как уловить момент времени? Ведь слова И. Д. Рожанского “в тот самый момент, когда в Сиене... Солнце стоит прямо над головой” предполагают наличие мгновенной связи между Александрией и Сиеной, а ее у Эратосфена не было.

Очевидно, чтобы понять сущность сделанного Эратосфеном, нужно выявить все предпосылки его измерения — иначе говоря, *модель*, на которой основывалось его измерение.

Методологическое прерывание 2.16.

Роль моделей в процессах получения информации

Специалисты по измерительной технике говорят, что каждому измерению должно предшествовать установление *модели объекта*. Говоря об Эратосфене, объектом, видимо, нужно считать Землю, а ее моделью — шар.

Сразу видно, что этого мало. Нужно включить в модель еще и Солнце. Нужно знать, что Солнце находится настолько далеко от Земли, что его лучи можно считать параллельными. Нужно знать, что Земля вращается вокруг оси, наклоненной по отношению к направлению на Солнце, и поэтому в одних местах Земли бывают моменты, когда Солнце стоит прямо над головой (как в Сиене), а в других (как в Александрии) таких моментов не бывает. Но если путь от Сиены в Александрию лежит прямо на север, то в тот момент, когда тень гномона в Сиене совсем исчезает (а это бывает только в определенные дни года), в Александрии она будет *самой короткой*.

Вот, пожалуй, все элементы модели, которые нужно учесть для определения *углового расстояния* на поверхности земного шара между Александрией и Сиеной (а в общем случае, если бы они не лежали на одном меридиане, разности их широт). Наконец, для перехода к линейным мерам должно быть известно расстояние между этими пунктами вдоль меридиана — ведь нельзя определить длину любого объекта (в данном случае окружность Земли), не имея материальной меры, с которой этот объект должен сравниваться.

При всех измерениях, которые нам уже встречались в этой главе, предпосылкой была та или иная модель. Она была у Фалеса, измерившего высоту пирамиды с помощью палки, и у Аристарха (мы, чтобы не вводить нового понятия раньше времени, называли ее *схемой наблюдения*). Архимед в связи с гидростатическим опы-

том разработал физическую модель жидкости в виде совокупности частиц, каждая из которых сдавливается частицами, расположенными выше [44, с. 163].

Но пример Эратосфена ясно показывает, что модель, описывающая *только объект*, о котором требуется получить информацию, в общем случае недостаточна. Нужна модель, описывающая *всю ситуацию, в которой находится объект*.

Это положение можно сформулировать в обобщенном виде: *чтобы познать некоторый объект, нужно в общем случае выйти за его пределы* (хорошо, если не в бесконечность, как в методологическом прерывании 2.10!).

Это видно уже на примере первых теорем геометрии. Так, Д. Гильберт, доказывая теорему о расположении точек *на прямой*, сразу прибегает к построению *на плоскости*. В какой-то степени положение о необходимости выхода за пределы объекта перекликается с известной теоремой Гёделя о том, что нельзя доказать непротиворечивость какой-либо теории средствами этой же теории.

В связи с ролью моделей объектов (и ситуаций) в процессах получения информации нужно сделать еще одно замечание: эти модели воплощают те *априорные знания*, которые нужно иметь для получения нового знания.

Действительно, никакой познавательный процесс не начинается “с нуля”. Он всегда обеспечивает только *приращение знаний*, зачастую ничтожно малое по сравнению с объемом априорных знаний, на которых он базируется. В то же время априорные знания могут выступать (а возможно, и всегда выступают?) как шоры, ограничивающие кругозор исследователя. Справедливо писал Козьма Прутков, что “многие вещи нам непонятны не потому, что наши понятия слабы, но потому, что сии вещи не входят в круг наших понятий”!

Возврат из прерывания 2.16.

Исторические работы Эратосфена, казалось бы, только косвенно можно отнести к информационной сфере, но отношение здесь самое прямое: Эратосфен явился родоначальником *научной хронологии*. Он стремился датировать события не по свидетельствам людей, а по документальным данным. Прекрасно выразился

об этом Б. Л. ван дер Варден: “Он научил человечество точно определять даты исторических событий”.

В математике укоренился термин “решето Эратосфена”, обозначающий алгоритм, который позволяет выделить простые числа из конечного отрезка последовательности нечетных чисел. Эта идея Эратосфена для нас небезразлична, поскольку простые числа играют большую роль в криптографии.

Не дошла до нас работа Эратосфена “О средних” в двух книгах. Античная наука знала, помимо среднего арифметического и среднего геометрического (оно же среднее пропорциональное), ряд других средних, определявшихся с помощью пропорций. Какое значение приписывалось этим понятиям, распространявшимся также на геометрические фигуры и кривые, видно из приписываемых Эратосфену слов:

“...Отношение есть источник пропорциональности и начало возникновения всего, что происходит в порядке. Все пропорции возникают из отношений, а источник всех отношений есть равенство” [19, с. 318].

Ван дер Варден полагает, что в работе “О средних” была исследована связь пропорций, определяющих средние, с уравнениями конических сечений.

Здесь было бы естественно перейти к *Аполлонию*, великому математику, который наиболее глубоко исследовал конические сечения. Но эти его работы, по-видимому, имеют мало общего с проблематикой информационной сферы, и мы совсем не будем о них говорить. Они подробно рассмотрены историками математики, например Варденом.

Вместо этого (еще раз отложив рассказ о Ктесибии и его школе) обратимся к *Гиппарху* из Никеи, родившемуся около 185 года до нашей эры, когда Эратосфена, вероятно, уже не было в живых.

Гиппарх критиковал “Географию” Эратосфена за использование свидетельств путешественников — он признавал только такие методы локализации географических объектов, которые основываются на объективных результатах наблюдений, в основном астрономических.

Заметим: в конце XX века Светлана Васильевна Прокопчина из ЛЭТИ предложила методы объединения объективных и субъек-

ективных данных, назвав соответствующие процедуры *мягкими измерениями*.

По словам И. Д. Рожанского, Гиппарх, “введя в употребление сетку меридианов и параллелей... явился основоположником математической картографии” [44, с. 131–132].

Но основные достижения Гиппарха относятся к астрономии. Рожанский называет его создателем прецизионной наблюдательной астрономии.

Эта область информационной сферы была, конечно, создана не на пустом месте. Хорошими наблюдателями были Евдокс, Архимед, Эратосфен, который, в частности, с достаточной точностью определил наклон эклиптики. В III веке до нашей эры в Греции стали известны данные многовековых наблюдений вавилонян, а между 316 и 290 годами на греческом острове Кос жил и преподавал вавилонский астроном и историк Берос [68, с. 106]. Наконец, в первой половине III века до нашей эры в Александрии работали астрономы “меньшего масштаба” Аристилл и Тимохарис, которые, по Рожанскому, “были типичными наблюдателями, занимавшимися точным измерением положений звезд, установлением моментов равноденствий и т. д. Они пользовались при этом специальными инструментами, снабженными градуированными кругами. Данные Аристилла и Тимохариса были впоследствии использованы Гиппархом” [44, с. 151].

Гиппарх с большой точностью определил ряд параметров движений Солнца и Луны. Он вычислил длительность тропического года (промежутка времени между двумя последовательными весенними или осенними равноденствиями) с погрешностью около 6 минут. Сравнивая свои наблюдения с данными Тимохариса, Гиппарх обнаружил перемещение точки осеннего равноденствия вдоль эклиптики (предварение равноденствий) и оценил скорость этого перемещения.

Он определил также с точностью до секунды периоды обращения Луны — синодический период (время между двумя одинаковыми фазами Луны) и сидерический период (время между двумя одинаковыми положениями Луны относительно звезд), подтвердив при этом данные вавилонских астрономов [Там же, с. 154–155].

Гиппарх усовершенствовал геоцентрическую модель Солнечной системы, используя предложенную ранее (ею занимался, в частности, Аполлоний) идею эпициклов. Гиппарх заметил, что при совпадении периода движения светила по эпициклу с периодом обращения центра эпицикла вокруг Земли в противоположном направлении результирующая орбита получается круговой, но с центром, смещенным относительно центра Земли. Такая орбита была названа *эксцентром*. Используя это представление, Гиппарх разработал теорию движения Солнца и Луны [44, с. 153, 155].

На основании наблюдений солнечного затмения, которое было полным в районе Геллеспонта и частичным в Александрии (закрыто было 4/5 солнечного диска), Гиппарх оценил расстояние от Земли до Луны. Он составил также большой каталог неподвижных звезд. После него вошла в употребление вавилонская система деления окружности на 360° и далее на минуты и секунды.

Прежде чем двигаться дальше, хочется возразить Б. Л. ван дер Вардену, который, обрисовывая упадок греческой математики после Аполлония, сравнивает ее развитие с развитием астрономии.

Вот рассуждение ван дер Вардена:

“...Она [математика] пошла назад и пришла в полный упадок. В астрономии, скажем, развитие шло совершенно иначе. Правда, и тут бывали короткие и длинные периоды остановки, но после их окончания работа каждый раз возобновлялась именно с того места, где она остановилась. Гиппарх (150 до н. э.) продолжал работу Аполлония и привлек вавилонские наблюдения. Около 150 н. э. Птолемей непосредственно примкнул к работам Гиппарха и развил теоретическую астрономию до поистине удивительной высоты. В течение 300 лет, между Гиппархом и Птолемеем, тоже не было настоящего перерыва в работе, и сам Птолемей упоминает о других авторах, которые пытались воспроизвести планетные движения при помощи эксцентров и эпициклов” [19, с. 358].

Но в действительности развитие греческой астрономии отнюдь не было чисто поступательным. В отличие от греческой математики, высшие достижения которой никогда не отбрасывались как неверные и не заменялись другими представлениями, в астрономии происходило именно это. Были навсегда отброшены концентрические сферы Евдокса, не говоря уже о более ран-

них космологических моделях. Была “опровергнута” гелиоцентрическая система Аристарха и не принята смешанная система Гераклида Понтийского (уже в Новое время она была воскрешена и усовершенствована в работах Тихо Браге, чтобы затем окончательно кануть в Лету), короче говоря, развитие астрономии шло громадными зигзагами.

Представляется, что *именно такая картина развития наиболее характерна для большинства наук*. А вот математика, в которой, например, идеи Евдокса непосредственно перекликаются с идеями Дедекинда, является скорее исключением, чем правилом.

Теперь вернемся назад во времени и вспомним о *Ктесибии*, который, по-видимому (как уже было сказано), был старшим современником Архимеда. Его называют основателем пневматики, т. е. отрасли техники, использующей давление воздуха в различных устройствах; однако он создавал и гидравлические устройства, а в целом его деятельность относят к механике.

Шедевром Ктесибия можно считать уникальные водяные часы (рис. 2.20). Неоднократно цитировавшийся выше И. Д. Рожанский считал, что они отличались “от древней клепсидры тем, что в них имелся поплавков, движение которого передавалось фигурке, указывавшей время на специальной шкале” [6, с. 259; 44, с. 159].

Поплавков и фигурка (назовем ее условно *ангелом*) в них действительно были, но это лишь незначительные детали. На рис. 2.20, *а* представлен внутренний механизм, как он был бы виден спереди при удаленной передней стенке часов. Не очень ясно, где находится источник воды, которая капает в виде “слез” другого, грустного ангела в правый патрубок; не видно также, чем этот патрубок соединяется с верхним концом левого колена U-образной трубки, внутри которого ходит поплавок. Но остальное в общем понятно.

Когда U-образная трубка заполняется “слезами” доверху (соответственно поднимая на поплавке фигурку ангела с указкой), срабатывает сифон и вся U-образная трубка быстро опорожняется, причем ангел с указкой возвращается в нижнее положение. Очевидно, это должно происходить один раз в сутки.

Но вода из сифона выливается не просто так: она попадает на наливное колесо, поворачивая его на определенный угол. В свою

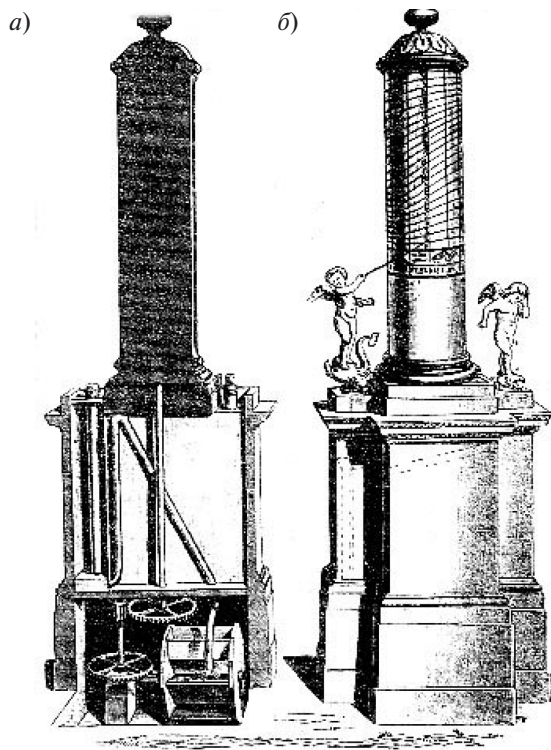


Рис. 2.20. Водяные часы Ктесибия:

а — вид внутреннего механизма (видима слева U-образная трубка должна заполняться “слезами” плачущего ангела; правое ее колено, переходящее в наклонную трубку, образует сифон; показан момент, предшествующий полному опорожнению сифона — вода еще течет, поворачивая колесо, а ангел с указкой вернулся в нижнее положение); *б* — вид снаружи

очередь, наливное колесо через понижающую зубчатую передачу (которая выглядит на удивление современно) поворачивает на небольшой угол колонку с номограммой, отражающей зависимость дневных и ночных часов от календарной даты. Теперь указка ангела будет скользить по другой образующей колонки, где расположение линий номограммы соответствует уже новой дате.

Такие часы, при достаточно большом запасе воды, могли бы действовать непрерывно круглый год, причем колонка с номограммой совершила бы за это время полный оборот.

Конечно, для этого следовало очень точно подобрать все параметры механизма хотя бы для того, чтобы момент срабатывания сифона не сдвигался относительно, например, полуночи. Неточность угла поворота колонки не так опасна — ее можно было бы время от времени корректировать.

По нынешним понятиям часы Ктесибия являются автоколебательной системой релаксационного типа с аналоговым счетчиком срабатываний.

К александрийской школе механиков относят **Филона** Византийского, который, возможно, был учеником Ктесибия. Он учился в Александрии, а в дальнейшем жил на острове Родос и там (как уже было сказано, около 250 г. до н. э.) написал девять книг сочинения под названием “Механика”, охватывавшего все области античной техники.

И. Д. Рожанский, перечисляя разнообразные устройства, описанные Филоном [44, с. 159], ничего не говорит о наиболее интересном с позиций истории информационной сферы эксперименте Филона с *термоскопом*. Правда, устройство термоскопа Филона (рис. 2.21) стало известно нам только по описанию Герона, сделанному, вероятно, примерно 300 лет спустя.

Только около 1597 года термоскоп сходного принципа действия был вторично изобретен (или воспроизведен?) Г. Галилеем. При этом Галилей использовал, как и Филон, герметичный сосуд с трубкой, погруженной в воду, и не продвинулся дальше в направлении *измерения* температуры.

Изображенные в книге Марио Льюцци, из которой заимствован рис. 2.21, два термоскопа Галилео Галилея отличались лишь тем, что в них трубка была прямой, а не изогнутой и, судя по эскизу, изготовлялась заодно со стеклянным (а не свинцовым, как у Филона) шаром.

Почему Рожанский, вполне логично изложивший историю античной математики, а также и астрономии, не заметил основной “изюминки” часов Ктесибия и вовсе проигнорировал термоскоп Филона, опередивший время на 18 столетий?

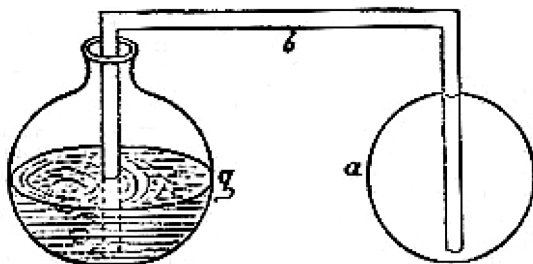


Рис. 2.21. Термоскоп Филона (по описанию Герона; при нагревании свинцового шара a из погруженной в воду трубки b выходят пузырьки воздуха; при охлаждении шара вода втягивается в трубку)

Очевидно, потому, что по истории математики и астрономии он располагал добротными публикациями, а история информационной техники не отражена в литературе как единое целое. И сейчас еще ее нужно создавать, собирая нужные сведения в работах по истории физики (ведь термоскоп Филона описан именно там), общей истории техники, истории связи, вычислительной техники, часового дела и т. д.

Станным кажется следующее высказывание И. Д. Рожанского: “Из дошедших до нас описаний следует также, что Филон был хорошо знаком с принципом сифона”. Почему бы ему и не быть знакомым, если опорожняющийся сифон использовался еще в будильнике Платона, не говоря уже о часах Ктесибия? Намного корректнее выражается Марио Льюцци: “Филон проявил прекрасное знание принципа сифона”. К сожалению, остается неизвестным, кто первым применил сифон как пороговое устройство. Может быть, еще до Платона греки знали свойства сифона и умели их использовать?

Вероятно, тоже в Александрии, при жизни Филона или несколько позже, был написан трактат “Механические проблемы”, в котором рассматривались различные механизмы: рычаг, весы, колодезный журавль, клещи, топор, клин, колесо, каток, гребное весло, руль, гончарный круг и др. Действие каждого из них сводилось к принципу рычага [44, с. 159–160].

Теперь пропустим примерно 300 лет и перейдем к *Герону* Александрийскому. Правда, биографические сведения о нем отсутствуют, и некоторые ученые считают, что он работал до начала нашей эры. Например, М. Льюнни дает для годов жизни Герона интервал между 150 годом до нашей эры и 250 годом нашей эры.

Однако Б. Л. ван дер Варден, ссылаясь на Отто Нейгебауера, полагает, что Герон в 62 году наблюдал в Александрии солнечное затмение (и даже изложил в одной из своих работ способ определения по наблюдениям затмения разницы во времени между Римом и Александрией). И. Д. Рожанский тоже относит деятельность Герона ко второй половине I века и, возможно, к началу II века.

Для ван дер Вардена Герон прежде всего математик-популяризатор, автор справочных “книжечек”:

«Труды Герона представляют собой что-то вроде энциклопедии по прикладной геометрии и механике. Он рассказывает об изготовлении и употреблении разных измерительных инструментов, вроде водяных часов и диоптров, и таких машин, как пневматические машины, автоматы, военные устройства, подъемные машины и т. д. Кроме того, он написал комментарий к Евклиду и работу об определениях. Наконец, существует еще “Geometrika”... это просто собрание формул с задачами на их применение» [19, с. 372].

И за этим следует вывод:

“Интересны только великие идеи человечества, а не их разведение водой в учебниках и собраниях задач [забавная мысль в устах автора известного учебника общей алгебры!]. Будем радоваться, что мы обладаем гениальными творениями Архимеда и Аполлония, и не будем печалиться об утрате бесчисленных расчетных книжечек типа Героновских” [Там же, с. 374].

Если справедливо мнение о том, что античные ученые с пренебрежением относились к деятельности инженерного характера, то ван дер Варден демонстрирует в этом абзаце великолепный рецидив такого мышления.

Как же выглядит инженерное творчество Герона?

Нейгебауер отмечает, что даже “геометрические работы Герона... содержат целые главы о единицах, весах, измерениях и т. п.” [27, с. 91]. Основное научное сочинение Герона, “Механика”, дошедшее до нас в арабском переводе, состоит из трех книг.

Для изложения содержания этого трактата и других книг Герона по механике еще раз даем слово И. Д. Рожанскому:

«В первой книге рассматриваются теоретические вопросы — сложение скоростей по правилу параллелограмма, распределение нагрузки между опорами, определение центра тяжести... Во второй книге описываются пять простых машин: рычаг, ворот, клин, винт и блок... В третьей книге дается описание механизмов для поднятия тяжестей и прессов, основанных на комбинациях простых машин.

На греческом языке до нас дошли три трактата Герона, посвященные различным проблемам механики: “Пневматика”, в которой описываются механизмы, приводимые в движение нагретым или сжатым воздухом, а также паром; затем книга “Об автоматах”, содержащая описание конструкций всевозможных самодвижущихся устройств; наконец, “Белопойка”... которая посвящена военным, главным образом метательным орудиям» [44, с. 185].

Отметим, в о-п е р в ы х, появление термина *автомат*. В действительности он, по-видимому, встречался и раньше, например у Филона. Важность соответствующего понятия в современной информационной технике очевидна.

В о-в т о р ы х, перечень пяти простых машин Герона выглядит как продуманная система по сравнению, например, с длинным и беспорядочным перечнем механизмов, который мы видели в трактате “Механические проблемы”.

В-т р е т ь и х, как пишет Рожанский, хотя труды Герона основываются главным образом на достижениях Архимеда и Филона, в них есть и новые идеи. Например, давление воздуха или пара Герон объяснял ударами частиц, из которых состоят эти вещества.

Герон оставил и работы по оптике — “Катоптрику” и “О диоптре”. Эти названия связаны с тем, что оптика в течение длительного времени делилась на учение о зеркалах — оно называлось катоптрикой — и учение о прохождении света через прозрачные тела (диоптрика).

Трактаты под названием “Катоптрика” писали Евклид и Архимед; оба эти произведения утеряны.

Герон в “Катоптрике” доказывает закон отражения, основываясь “на предположении, что путь, проходимый светом, должен

быть наименьшим из всех возможных” [44, с. 189]. Вероятно, это — первая формулировка экстремального принципа в физике (он менялся со временем и в конечном итоге получил формулировку *принципа наименьшего действия*).

В трактате “О диоптре” [6, с. 270; 44, с. 189] описан созданный Героном геодезический прибор (заметим: в переводе книги Б. Л. ван дер Вардена слово *диоптр* мужского рода, а у И. Д. Рожанского — женского: *диоптра*).

И. Л. Гейберг, говоря о диоптре, предположил, что Герон “был причастен к обучению землемеров” [59, с. 88]. Ван дер Варден также не исключает педагогической деятельности Герона.

На рис. 2.22, на котором представлен реконструированный диоптр [45, с. 27], видны два микрометрических винта почти современного типа. По утверждению Рожанского, микрометрический винт — важный элемент конструкции многих нынешних приборов! — впервые встречается именно в этом сочинении Герона.

Диоптр — не единственное изобретение Герона. На рис. 2.23 представлен годометр — механический прибор для измерения пути, пройденного экипажем, “без утомительного применения землемерной цепи и шеста” [26, с. 62] (впрочем, как было уже сказано, “бематисты” Александра Македонского измеряли *шагами* длину главных дорог).

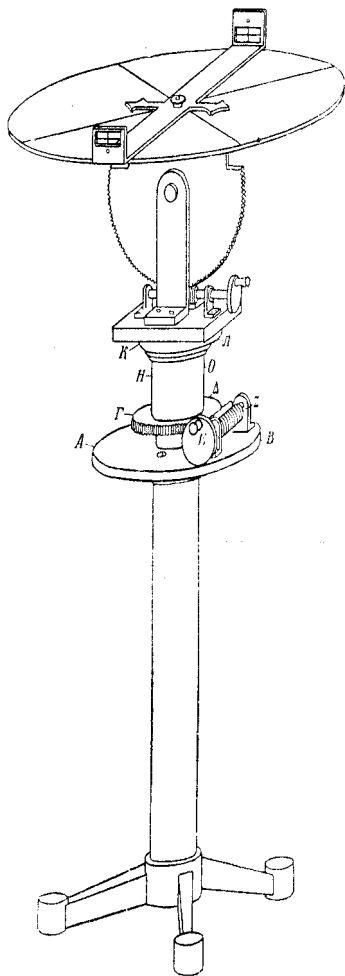


Рис. 2.22. Диоптр Герона (реконструкция)

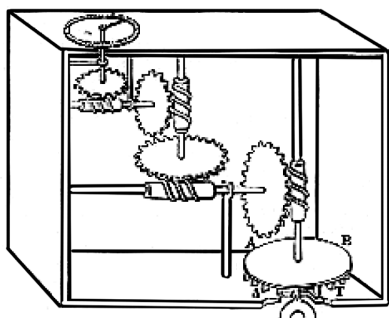


Рис. 2.23. Схема устройства
“годометра” Герона
Александрийского [7]

Отсчетное устройство “годометра” представляло собой круговую шкалу со стрелкой. Не были это первый прибор, названный с привычным для нас окончанием на “метр”?

Еще одно устройство, характеризующее изобретательность Герона, представлено на рис. 2.24. Здесь огонь, разведенный жрецом на жертвеннике, нагревает воздух в полости 1. Нагретый воздух вытесняет воду из сосуда 2, и она

через сифон 3 переливается в подвешенный на блоке сосуд 4. Этот сосуд под тяжестью воды опускается и с помощью веревки (на аналогичном рисунке в книге М. Льюэлли изображена не веревка, а *цепь*) поворачивает стойки 5, открывая перед потрясенными верующими двери храма 6.

Когда огонь гаснет и воздух в полости 1 охлаждается, вода через сифон переливается обратно в сосуд 2 и противовес 7 закрывает двери храма.

Заметим, что в отличие от будильника Платона и водяных часов Ктесибия здесь сифон погружен обоими концами в воду и поэтому не работает как пороговое устройство. Его задача — связать сосуды 2 и 4 (см. рис. 2.24) так, чтобы последний мог свободно перемещаться в вертикальном направлении. Если бы у Герона были наши резиновые трубки, сифон ему не понадобился бы.

Между прочим, в книге [69], из которой заимствован рис. 2.24, сказано, что Герон был учеником Ктесибия и изобрел сифон. Эти утверждения крайне сомнительны.

Теперь сделаем вывод: Герон действительно был энциклопедистом-популяризатором, но в его физических работах имеется много нового, и оставленный им след в науке весьма заметен, а в техническом творчестве он вряд ли уступает Архимеду. По словам Г. Дильса, “книга Герона повлияла на всю новейшую механику непосредственно, а еще более косвенно”.

Следующее имя, которое следует упомянуть в хронологическом порядке, — это **Менелай** Александрийский, астроном и математик. Для нашей темы он представляет интерес как один из основателей геометрии на сфере — не первый в этой области [4], но, пожалуй, самый заметный.

Сферическая геометрия (развивавшаяся в основном в интересах астрономии) была первой геометрической дисциплиной, существенно отличавшейся от геометрии Евклида.

Однако, поскольку она имела ясную и наглядную интерпретацию, ее неевклидовость не вызывала тех эмоций, которые в XIX веке сопровождали признание геометрии Н. И. Лобачевского.

Теперь наконец мы можем обратиться к трудам величайшего астронома и географа античности — **Клавдия Птолемея**. Биографические сведения о нем практически отсутствуют. Известно, что он жил и работал в Александрии и производил наблюдения между 125 и 151 годами, а умер около 170 года.

Птолемея, как известно, развил и усовершенствовал математическую модель Гиппарха, объясняющую видимые движения светил. Он распространил ее на все пять известных тогда планет и усложнил, введя понятие *экванта* — точки, которая относительно центра деферента (окружности, по которой движется центр эпицикла) смещена таким образом, что из нее движение центра эпицикла представлялось бы равномерным. При этом, естественно, движение, видимое из центра деферента, и тем более с Земли, смещенной в другую сторону по отношению к этому центру, оказывалось неравномерным.

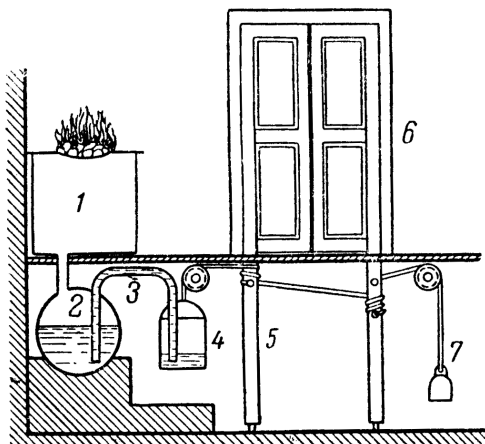


Рис. 2.24. Схема устройства Герона для автоматического открывания дверей храма [69]

Можно сказать, таким образом, что Птолемей пробил первую брешь в античной убежденности в том, что на небе господствуют *равномерные* круговые движения.

Все эти и еще некоторые другие усложнения требовались для того, чтобы движения светил, описываемые моделью, совпадали с наблюдаемыми. Ведь Птолемей, наряду с собственными многочисленными наблюдениями, располагал данными Гиппарха и других своих предшественников, а также материалами многовековых наблюдений вавилонян, и ему нужно было объяснить весь этот огромный массив данных.

Впоследствии Николай Коперник вернется к идее равномерных круговых движений, и его система окажется хуже в смысле соответствия наблюдениям. Только Иоганн Кеплер, в результате обработки наблюдений Тихо Браге, снова введет неравномерность, а заодно окончательно откажется и от круговых орбит.

Книга Птолемея “География”, по словам И. Д. Рожанского, “в основном посвящена изложению методов научного картографирования”. Вместе с тем Птолемей указал координаты примерно 8000 географических пунктов и приложил к книге 27 карт, качество которых долго оставалось непревзойденным. Для истории информационной сферы представляет интерес обнаружение им явления *атмосферной рефракции* — причины систематической погрешности при наблюдении звезд вблизи горизонта.

Еще важнее для нас то, что Птолемей впервые поставил эксперимент по исследованию *преломления света* на границе двух сред: воздух—вода, воздух—стекло и вода—стекло. Ведь ученые, работавшие до него, если и устанавливали количественный научный закон, то он сводился либо к *равенству* (“...тела, относительно более тяжелые, чем жидкость... становятся в жидкости настолько легче, сколько весит объем жидкости, равный объему тела”) либо к *пропорции* (“...соизмеримые величины уравниваются, если длины, на которых они подвешены, находятся в обратном отношении к тяжести”).

Напомним, что при выполнении знаменитого опыта с короной Гиерона Архимед сравнивал с короной слитки золота и серебра *того же веса* — он опирался на равенство.

“Такова будет пропорция”, — уверенно говорил Аристотель, не помышляя о возможности других зависимостей. Точно так же

не сомневался Зенон Элейский: “Ну так не относятся ли между собой шумы в той же пропорции: как шумящие, так и шумы, не так ли?”

Птолемей же исследовал *нелинейную зависимость* между углом падения и углом преломления и для этого при выполнении опытов изменял угол падения равными шагами от 10° до 80° . Расхождение его результатов с современными данными для большей части точек составляет менее 1° [64, с. 80]. Можно сказать, что это был настоящий *однофакторный эксперимент* — не первый ли в истории информационной сферы?

Некоторые историки науки обвиняют Птолемея в том, что он не смог вывести закона преломления. Но это несправедливо: нельзя требовать от ученого, работавшего во II веке, того, чего не сумел достичь в XVII веке гениальный И. Кеплер, который тоже интересовался преломлением света.

Интересно, что Птолемей в своих работах пользовался вавилонской шестидесятиричной системой записи чисел, применяя ее даже к длинам отрезков и площадям фигур. У него впервые в европейской математике встречается символ отсутствия какого-либо из шестидесятиричных разрядов в виде греческой буквы *омикрон* — по сути, это *символ нуля*.

По-видимому, Птолемея можно считать последним из тех — весьма немногих! — ученых античности, кто умел сочетать теоретическую работу с экспериментом.

В качестве следующей крупной фигуры в греческой науке первых веков нашей эры упомянем *Диофанта* — представителя “нового, алгебраического направления в античной математике, которое не находилось ни в какой связи с традиционной греческой геометрией” [44, с. 177]. Его труды, в значительной части посвященные так называемым неопределенным уравнениям, представляют определенный интерес для истории информационной сферы, поскольку эти уравнения находят применение в криптографии.

Диофант впервые ввел буквенную символику для обозначения алгебраических выражений, причем в ней имелся специальный знак для операции вычитания (с некоторой натяжкой можно считать, что этим был открыт путь для введения в алгебру отрицательных величин). Более подробно деятельность Диофанта

рассматривать не будем; заинтересованный читатель может обратиться к работам по истории математики.

Одним из последних выдающихся представителей александрийской науки был математик и механик *Папп*, о годах деятельности которого известно, что 18 октября 320 года он наблюдал солнечное затмение [19, с. 385]. Выше уже говорилось о том, что Папп был одним из изобретателей ареометра — прибора для измерения плотности жидкостей (другим был живший позже Синезий из Кирены).

Показательно различное отношение к творчеству Паппа историка техники Б. И. Козлова и историка математики Б. Л. ван дер Вардена.

С точки зрения Козлова, энциклопедический “Математический сборник” Паппа — это одна “из самых ранних дошедших до нас обобщающих работ технического характера”. Особо отмечает Козлов предисловие к 10-й книге этого труда, где Паппом представлена, “возможно, первая в истории структурная модель научно-технического знания” [45, с. 49].

Ван дер Варден, напротив, подробно излагает *математическое* содержание работы Паппа и только мимоходом замечает, что ее восьмая книга “посвящена в большей своей части механике” [19, с. 386] (хотя и в ней он находит математические вопросы, достойные обсуждения).

“Последние вздохи” античной науки многократно цитированный нами И. Д. Рожанский относит к V–VI векам. В это время крупных прорывов уже не происходит, работают главным образом комментаторы.

2.7. На границе поздней античности и раннего средневековья

Посмотрим теперь на те же века с точки зрения наступающего средневековья. Историк О. В. Трахтенберг пишет об этом так: “В V–VI вв. в Западной Европе на развалинах рабовладельческой формации начинает складываться феодализм, на развалинах античной греко-римской культуры начинают появляться ростки культуры христианского средневековья. Заканчивается древний и начинается средневековый период европейской истории” [70, с. 8].

Менее определенно пишет о рубеже между античным и средневековым мирами другой историк средневековья, А. Я. Гуревич: «В Раннее Средневековье, начальную грань которого нелегко с бесспорностью установить, еще долго были сильны элементы античной культуры и социальных отношений; лишь постепенно вырисовываются собственно “средневековые” формы социальной и духовной жизни, делающие Средневековье особой исторической эпохой, отличающейся как от античности, так и от внеевропейских цивилизаций, синхронно существовавших на Земле» [71, с. 10].

Живым воплощением трудностей и противоречий переходного периода можно считать таких деятелей, как Августин и Синезий: оба они перешли из язычества в христианство, оба заняли заметные посты в церковной иерархии, и оба глубоко переживали свою мировоззренческую перестройку.

С нашей точки зрения, особого внимания заслуживают те лица, деятельность которых, с одной стороны, опиралась на античное наследство, но, с другой стороны, имела существенные последствия для развития собственно средневековой науки. Дадим несколько примеров.

Философская распря относительно природы *универсалий* (общих, родовых понятий) прошла через всё средневековье, а по сути не прекратилась и сейчас. Формальный повод для нее дал комментатор III века Порфирий, который в “Введении” к “Категориям” Аристотеля сформулировал такие вопросы [70, с. 26]:

- 1) существуют ли роды и виды самостоятельно, или же они существуют только в мыслях;
- 2) если они существуют, то тела это или бестелесные вещи;
- 3) обладают ли они отдельным бытием или же существуют в чувственных предметах?

По характеру ответов на главный, первый вопрос Порфирия сформировались два философских течения: *реалисты* (от лат. *universalia sunt res* — универсалии суть вещи) и *номиналисты* (от лат. *universalia sunt nomina* — универсалии суть имена). Эти два основных течения, в свою очередь, имели ряд оттенков.

Ясно, что крайний реализм, признающий самостоятельное существование универсалий как идеальных сущностей, обладающих

бытием независимо от чувственных предметов и раньше их, исходил из Платона. Его разновидностью явился умеренный реализм, для которого универсалии существуют вне нашего ума, но свойственны вещам как “формы”; представляется очевидным, что он опирался на учение Аристотеля.

Номинализм тоже имел корни в античности: ученик Сократа и основатель философской школы киников Антисфен (435–370) признавал существование только отдельных, единичных вещей. Он говорил: “Я вижу человека, а не человечность; лошадь, а не лошадность”. Платон язвительно отвечал на это: “Естественно, ибо глаза, которыми ты видишь лошадь, ты имеешь, [но] то, посредством чего видима лошадность, у тебя отсутствует” [70, с. 28].

Нужно отметить, что этот платоновский аргумент и сейчас широко используется церковниками в споре с атеистами: легко утверждать, что неверующие просто лишены некоторого религиозного органа и в этом смысле неполноценны.

Поставленные Порфирием вопросы обсуждал в своих комментариях Боэций, который склонялся к тому, что универсалии “существуют действительно вместе с чувственными вещами, мыслятся же отдельно от тел” [Там же, с. 32]. Это — компромиссная позиция, близкая к номинализму. Напомним годы жизни Боэция: 480–524. Порфирий жил в III веке, а Боэций — это уже рубеж V–VI веков. Так медленно развивалась мысль в эту переходную эпоху.

В разгоравшейся в течение последующих столетий философской борьбе сначала брал верх реализм, выгодный церковникам, а затем стал набирать силу номинализм.

Рассуждения об универсалиях можно обнаружить даже в XVII веке — например, у Джона Локка. Но сейчас речь не идет обо всей долгой истории этой борьбы. Сейчас для нас интересна фигура Порфирия — из сказанного видно, что поставленные им вопросы, с одной стороны, прямо основывались на античном материале, а с другой стороны, оказались адекватными средневековому мышлению, которое в эпоху Порфирия еще даже не сформировалось.

Что же касается средневекового реализма и средневекового номинализма, то, как было уже сказано, и сейчас можно столкнуться

с философскими декларациями, в точности соответствующими этим идеям (хотя авторы этих деклараций обычно не подозревают о “средневековости” своего мышления).

Методологическое прерывание 2.17.

Отголоски реализма и номинализма в наши дни

Приведем высказывание выдающегося преподавателя-методиста Политехнического университета Константина Константиновича Гомоюнова, который в своих работах уделял большое внимание критике метрологической терминологии. Для него физическая величина — например, длина — есть всего лишь “имя множества всех мыслимых результатов количественной оценки протяженности предметов” [72].

Поистине эта фраза — длина есть имя — *в точности* соответствует средневековому *universalia sunt nomina!*

Действительно, любые конкретные измеримые величины (скажем, та же длина или масса), и тем более величина как общее понятие, объединяющее разные конкретные величины, *могут рассматриваться как универсалии*. Для нас это важно, потому что величина — одно из основных понятий информационной сферы, да и науки вообще.

В настоящее время по поводу способа существования величин можно услышать крайне противоречивые мнения. Одни считают, что, например, длина предмета есть нечто реально существующее — ведь мы же ее измеряем! Другие настаивают на том, что величины выдуманы людьми и не имеют объективного существования. Примеров можно привести сколько угодно.

Крупный ученый Л. И. Седов пишет: “Силы... физически реальны, они существуют, их можно измерять, они оказывают физические и биологические эффекты”. Сразу нужно возразить, что “физические и биологические эффекты” оказывают *не силы, а тела, взаимодействующие с физическим или биологическим объектом*; силы характеризуют это взаимодействие и лишь в этом смысле существуют объективно.

Однако другой ученый, П. В. Харламов, отвечая на эмоциональное высказывание Л. И. Седова, довольно туманно говорит о “гносеологической несостоятельности истолкования понятия силы как физической реальности, существующей безотносительно

к телам”, но сам не предлагает альтернативы этому “реалистическому” подходу [41, с. 190].

В качестве такой альтернативы в работах западных (как и некоторых отечественных) ученых выступает не столько номинализм, сколько *операционализм*.

Например, современный западный ученый Брайан Эллис во второй главе книги “Основные понятия измерения” [73] обсуждает два существующих, по его мнению, взгляда на величины:

“(1) величинам придается нечто вроде первичного онтологического статуса;

(2) в природе нет никаких величин, а только различные виды измерительных операций, дающих более или менее когерентные результаты”.

Первую точку зрения можно охарактеризовать как реалистическую (в том же средневековом смысле), а вторую — как операционалистскую.

Вот как, например, с операционалистских позиций иронизирует над обычными представлениями о величинах Херберт Дингл, цитату из статьи которого (*Dingle H. A theory of measurement // British J. Phil. Sci. 1950. Vol. 1, N 1. P. 5–26*) приводит Брайан Эллис:

«Предполагают, что тела имеют “свойства”, которые имеют “размеры” [magnitudes], и всё это, так сказать, “существует” прежде, чем мы начинаем измерять».

Операционализм есть методологический принцип, которым, не всегда явно декларируя его, пользуются многие современные ученые. Можно напомнить типично операционалистское высказывание Л. И. Мандельштама, обсуждавшееся выше, в методологическом прерывании 2.14: *время есть то, что показывает стрелка моих часов*.

Крайний операционализм (как у Дингла), сводящий всю познавательную деятельность к экспериментальным операциям, лишает информацию объективного содержания и поэтому для нас неприемлем. Но не может быть принята и “реалистическая” альтернатива (п. 1 у Эллиса), придающая величинам “первичный онтологический статус” — как если бы они были жидкостями, налитыми в объекты в разных количествах. Нужно найти что-то третье.

К вопросу об объективном существовании величин (а также к очень важному вопросу о положительных и отрицательных сторонах операционалистской методологии) придется вернуться в дальнейшем, а сейчас заметим, что не только величины, но и другие общие понятия иногда подвергаются в настоящее время “реалистической” или номиналистической трактовке.

Приведем только один, но достаточно характерный пример.

Около 20 лет назад автор монографии “Производственное соревнование” кандидат экономических наук Геннадий Александрович Муравьев (ныне покойный) выступил с заявкой на создание материалистической философской системы, отличающейся, по его словам, “пугающей новизной”. Его философия изложена в специальном выпуске информационно-публицистического издания (газеты) “Комментатор” (1990 г.). В основу своей системы Муравьев положил понятие “вещь”. Вещи у него могут иметь разные *порядки*:

“В представлении материалиста абстрактная вещь есть конкретная вещь своего порядка. Порядок вещи на уровне ее иерархии всегда относительно конкретен, а абстракция от вещей данного порядка есть тоже вещь конкретная относительно этого порядка.

Например, конкретные вещи: кожа, подошва, подкладка, клей плюс труд сапожника дают абстракцию — ботинок; в свою очередь, конкретные ботинки, сапоги, туфли, тапочки плюс сапожное производство дают абстракцию — обувь; конкретные обувь, платье, головные уборы дают абстракцию — одежда и т. д. по иерархии до Вселенной [которая по Муравьеву есть тоже вещь]”.

Всё это очень похоже не столько на материализм, сколько на средневековый реализм!

Теперь с некоторым опозданием нужно признать, что проблема универсалий была нами уже затронута в гл. 1: методологическое прерывание 1.3 было посвящено определениям через абстракцию, а именно такие определения приводят к формированию общих понятий — универсалий.

Чтобы закончить это прерывание, обратимся к В. И. Ленину, который прекрасно сформулировал диалектику отдельного и общего в отрывке “О диалектике”, находящемся в составе его “Философских тетрадей” (он был написан “для себя” и не был предназначен для публикации):

“...Значит, противоположности (отдельное противоположно общему) тождественны: отдельное не существует иначе как в той связи, которая ведет к общему. Общее существует лишь в отдельном, через отдельное. Всякое отдельное есть (так или иначе) общее. Всякое общее есть (частичка или сторона или сущность) отдельного. Всякое общее лишь приблизительно охватывает все отдельные предметы. Всякое отдельное неполно входит в общее и т. д. и т. д. Всякое отдельное тысячами переходов связано с другого *рода* отдельными (вещами, явлениями, процессами). И т. д. *Уже здесь* есть элементы, зачатки, понятия *необходимости*, объективной связи природы etc. Случайное и необходимое, явление и сущность имеются уже здесь, ибо говоря: Иван есть человек, Жучка есть собака, *это* есть лист дерева и т. д., мы *отбрасываем* ряд признаков, как случайные, мы отделяем существенное от являющегося и противопоставляем одно другому”.

Возврат из прерывания 2.17.

Если мы рассматривали Порфирия как своего рода “промежуточную” (между античностью и средневековьем) фигуру, то такой же “промежуточной” личностью можно считать и Боэция, причем, конечно, не только как комментатора Порфирия, но прежде всего как автора учебных материалов, широко использовавшихся вплоть до конца XII века. Он оставил переводы трактатов Аристотеля “Категории” и “Об истолковании”, частичное изложение “Начал” Евклида, ряд других произведений [10, с. 64–65].

Особо следует отметить оригинальные трактаты Боэция на темы логики: “Введение в категорический силлогизм”, “О категорическом силлогизме”, “Об условном силлогизме”, “О делении”, “Об определении” [55, с. 127]. Боэций занимался модальной логикой, а его исследования по условному силлогизму “поражают своей широтой и скрупулезностью, и они оказали серьезное влияние на тематику логических работ раннего и отчасти развитого средневековья” [Там же, с. 129].

В эту же эпоху в ходу были также компилятивные сочинения Макробия (V в.), Кассиодора (VI в.) и немногих других авторов [10, с. 59].

Римский ритор и философ Марциан Капелла еще в первой половине V века изложил программу школьных занятий из “семи свободных искусств”. Боэций и Кассиодор [74, с. 589; 75, с. 181] разделили ее на “тривиум”, соответствовавший нынешнему гуманитарному циклу, и “квадривиум” — в современных терминах это математический и естественнонаучный цикл. В свою очередь, тривиум делился на грамматику, риторику и диалектику (своеобразную средневековую логику), а квадривиум — на арифметику, геометрию, астрономию и музыку. Получившийся “образовательный стандарт” действовал в течение столетий.

Ясно, что структура тривиума в общих чертах была заимствована у Аристотеля, в то время как квадривиум носил явный отпечаток пифагорейства. Но сходство здесь было только внешним. В практике преподавания в “геометрию” включались фантастические рассказы о людях с двумя головами и баранах, растущих на корню; “астрономия” занималась вопросами календаря; музыка сводилась к церковному пению [70, с. 10] — античная форма образования была полностью подавлена средневековым содержанием.

В ином смысле “промежуточной” фигурой можно назвать Иоанна Филопона, который, как было сказано выше, при рассмотрении аристотелевской теории движения, критиковал эту теорию. Идеи Филопона были развиты европейскими учеными только в XIV веке.

Условно событием, заканчивающим эпоху “поздней античности”, можно считать смерть “последнего римлянина”, христианина Кассиодора — около 575 года (арабам, захватившим египетскую Александрию в 642 г., по-видимому, уже нечего было разрушать из античной культуры).

Нарисованная нами картина неполна, поскольку в ней отсутствуют упоминания о процессах выработки христианской догматики, происходивших в первые века нашей эры. Но эти вопросы вряд ли можно отнести к истории информационной сферы человеческой деятельности.

Заключение к гл. 2

Изучение античной науки и техники полезно во многих отношениях. Античность — это детство европейской культуры, а именно в детстве закладываются основные черты характера человека.

Вспомним: переход от мифологии к научному мышлению начинался с самых общих догадок об устройстве мира — у Фалеса и других ионийцев, искавших единую субстанцию Вселенной; у Гераклита с его “вечно живым огнем, мерами возгорающимся, мерами угасающим”; у пифагорейцев, видевших основу мира в числах; у Парменида с его неопределенным шарообразным бытием...

Излагая эти догадки, древние греки пришли к необходимости логических доказательств. Этому способствовали особенности общественной жизни полисов, где граждане должны были уметь убеждать соотечественников. Логический анализ, в свою очередь, способствовал детализации используемых в рассуждениях теоретических моделей — это хорошо видно на примере знаменитых апорий Зенона Элейского.

В какой-то степени детализации теорий противостояли формулируемые широкими мазками диалектические положения Ксенофана, Гераклита, Анаксагора — философов, не боявшихся противоречий. Как уже говорилось в предыдущих разделах, космогоническая гипотеза Анаксагора удивительным образом оказалась сходной с современными теориями возникновения Вселенной.

Атомизм Левкиппа—Демокрита и учение Платона об идеях по-разному повлияли на последующее развитие науки: современный атомизм, фундаментальным образом отличающийся от античного, все-таки ощущает и открыто называет себя его наследником; что же касается философии Платона, то она сейчас напоминает подводное течение в океане, сильное и незаметное, но время от времени проявляющееся и на поверхности.

Из гигантского наследия Аристотеля, как тоже говорилось выше, в наше время сохранила актуальность детально проработанная логическая часть; другие составляющие его учения сейчас более интересны в историческом плане.

После Аристотеля и даже раньше — начиная, наверное, от Архита и Евдокса — мы наблюдаем возрастающее использование теоретических моделей для описания видимого мира. Эти модели постоянно усложняются, совершенствуются, поверяются наблюдениями (например, оказывается необходимым объяснить видимое изменение блеска Венеры!). Архимед формулирует в матема-

тической форме первые законы природы. Аристарх, Эратосфен, Гиппарх определяют размеры небесных тел и расстояния между ними. Евклид на многие века вперед задает “стандарт” аксиоматического изложения математики. Птолемей создает теоретическую модель, с непревзойденной точностью описывающую видимые движения светил.

Другой интересной для нас ветвью античной культуры стала прикладная механика, пневматика и гидравлика, которая в трудах александрийских механиков — Ктесибия, Филона, Герона — оставила нам сведения об устройствах, остроумных по замыслу, но не находящихся широкого применения. Это — общеизвестная особенность древнегреческой науки и техники: при массовом использовании рабского труда не требовалось создавать машины, делающие этот труд более эффективным. Создавались в основном машины военного назначения, а также, в меньшей степени, водоподъемные механизмы.

Очевидно, существовали эмпирические правила для их конструирования, позволявшие при необходимости менять масштаб, но потребности в серьезной теории не ощущалось. Сформировалось только понятие о пяти простых машинах: это рычаг, ворот, клин, винт и блок. И когда Архимед продемонстрировал, что один человек с помощью полиспаста способен передвигать по суше тяжело нагруженное судно, это воспринималось как чудо.

Изготавливались также научные инструменты, в частности, для астрономических наблюдений, а также для демонстрации движений светил. Правда, нужно вспомнить слова Архимеда: применяемые инструменты недостаточны для совершенно точных измерений, и об этом уже не раз говорилось до него. Заметим однако, что эти слова можно понимать двояко — либо как простую жалобу на низкое качество инструментов, либо как выражение потребности в точных измерениях. Если Архимед имел в виду последнее, то его слова были очевидной заявкой на будущее.

Но как совместить общеизвестное, по словам Архимеда, невысокое качество инструментов с удивительной точностью прокладки туннеля на Самосе, которую Евпалин сумел достичь *за столетия до Архимеда*? И только ли случайностью объяснялась высокая точность, с которой Эратосфен, современник Архимеда,

оценил длину окружности Земли? Вряд ли мы получим ответы от историков науки.

Так или иначе, в информационной сфере греческой культуры мы наблюдаем только отдельные “прорывы” как в практическом, так и в теоретическом плане. Конечно, наша обязанность — подчеркнуть эти прорывы, но вместе с тем не следует выпячивать их, отделяя от всей культурной атмосферы античного мира, в которой была растворена информационная сторона, еще не ставшая самостоятельной областью. Понимание свойственной этому миру свободы и смелости мысли, удивительной “способности обращать всякую проблему в принципиальную” [76, с. 347] должно быть одним из главных результатов изучения истории античной науки и техники.

Библиографические ссылки

1. *Андреев Ю. В.* Греция в архаический период и создание классического греческого полиса // История древнего мира / под ред. И. М. Дьяконова, В. Д. Нероновой, И. С. Свенцицкой. [Кн. 2]. Расцвет древних обществ / отв. ред. И. С. Свенцицкая. 3-е изд. М. : Наука, Гл. ред. вост. лит., 1989. С. 70–94.
2. *Стройк Д. Я.* Краткий очерк истории математики. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969.
3. *Асмус В. Ф.* История античной философии. М. : Высш. шк., 1965.
4. *Розенфельд Б. А.* История неевклидовой геометрии. М. : Наука, 1976.
5. *Свенцицкая И. С.* Эллинистическая культура. // История древнего мира / под ред. И. М. Дьяконова, В. Д. Нероновой, И. С. Свенцицкой. [Кн. 2]. Расцвет древних обществ / отв. ред. И. С. Свенцицкая. 3-е изд. М. : Наука, Гл. ред. вост. лит., 1989. С. 353–368.
6. *Рожанский И. Д.* Древнегреческая наука // Очерки истории естествонаучных знаний в древности. М. : Наука, 1982. С. 197–275.
7. *Льоцци М.* История физики. М. : Мир, 1970.
8. *Лурье С. Я.* История Греции. Курс лекций / под ред. Э. Д. Фролова. СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1993.
9. *Неронова В. Д.* Поздняя римская империя (III–V вв.) // История древнего мира / под ред. И. М. Дьяконова, В. Д. Нероновой, И. С. Свенцицкой. [Кн. 3]. Упадок древних обществ / отв. ред. В. Д. Неронова. 3-е изд. М. : Наука, Гл. ред. вост. лит., 1989. С. 295–322.
10. *Гайденок В. П., Смирнов Г. А.* Западноевропейская наука в средние века. М. : Наука, 1989.

11. *Кнорринг В. Г.* Измерения в их историческом развитии. Ч. 2. От древней Греции до средневековой Европы — практика измерений // Датчики и системы. 2008. № 3. С. 72—81.
12. *Кнорринг В. Г.* Измерения в их историческом развитии. Ч. 3. От древней Греции до раннесредневековой Европы — теория и философские вопросы измерений // Датчики и системы. 2008. № 5. С. 49—60.
13. *Кнорринг В. Г.* История и методология науки. Очерки истории и философских проблем измерений с древнейших времен до конца XVI века : учеб. пособие. СПб. : Нестор, 2006.
14. История первобытного общества. Эпоха классообразования. М. : Наука, 1988.
15. *Коростовцев М. А.* Наука древнего Египта // Очерки истории естествонаучных знаний в древности / отв. ред. А. Н. Шамин. М. : Наука, 1982. С. 120—130.
16. *Антонов А. В.* Информация: восприятие и понимание. Киев : Наукова думка, 1988.
17. *Кондратов А. М.* Письмена мертвые и живые. СПб. : Авалон ; Азбука-классика, 2007.
18. *Нечаев В. И.* Элементы криптографии (Основы теории защиты информации) / под ред. В. А. Садовниченко. М. : Высш. шк., 1999.
19. *Ван дер Варден Б. Л.* Пробуждающаяся наука: Математика древнего Египта, Вавилона и Греции. М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959.
20. *Архимед.* Исчисление песчинок. М. : Гос. техн.-теорет. изд-во, 1932.
21. *Эйлер Л.* Основы динамики точки. М. : ОНТИ НКТП СССР, 1938.
22. *Широков К. П.* Интерпретация уравнений связи между физическими величинами // Общие вопросы метрологии : труды метрологических институтов СССР. Вып. 200 (260). Л. : Энергия, 1977. С. 3—12.
23. *Гойгенс Х.* Три мемуара по механике. М. : Изд-во АН СССР, 1951.
24. *Селешников С. И.* История календаря и хронология. 2-е изд. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1972.
25. *Койре А.* От мира “приблизительности” к универсуму прецизионности // Койре А. Очерки истории философской мысли. М. : Прогресс, 1985. С. 109—127.
26. *Дильс Г.* Античная техника. М. : ОНТИ, Гл. ред. техн.-теор. лит., 1934.
27. *Нейгебауер О.* Точные науки в древности. 2-е изд., стер. М. : Едиториал УРСС, 2003.
28. Фрагменты ранних греческих философов. Ч. I / отв. ред. И. Д. Рожанский. М. : Наука, 1989.

29. *Пипуныров В. Н.* История часов с древнейших времен до наших дней. М. : Наука, 1982.
30. *Лосев А. Ф., Шестаков В. П.* История эстетических категорий. М. : Искусство, 1965.
31. Хрестоматия по древней истории / под ред. акад. В. В. Струве. Т. I. М. : Учпедгиз, 1936.
32. *Аристотель.* Сочинения в четырех томах. Т. I / под ред. В. Ф. Асмуса. М. : Мысль, 1976.
33. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии : [пер. с лат. А. Н. Крылова]. М. : Наука, 1989.
34. Хрестоматия по древней истории / под ред. акад. В. В. Струве. Т. II. М. : Учпедгиз, 1936.
35. *Галилей Г.* Пробирных дел мастер. М. : Наука, 1987.
36. *Яглом И. М.* Принцип относительности Галилея и неэвклидова геометрия. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969.
37. *Клейн Ф.* Лекции о развитии математики в XIX столетии. Т. I. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.
38. *Визгин В. П.* “Эрлангенская программа” и физика. М. : Наука, 1975.
39. *Фрейман Л. С.* Ферма, Торричелли, Роберваль // У истоков классической науки / отв. ред. А. Н. Боголюбов. М. : Наука, 1968. С. 173–254.
40. *Гильберт Д.* Основания геометрии. М. ; Л. : ОГИЗ, Гос. изд-во техн.-теор. лит., 1948.
41. *Харламов П. В.* Почему спорят механики об основаниях своей науки? // Исследования по истории физики и механики, 1989. М. : Наука, 1989.
42. *Петров Ю. А.* Логические проблемы абстракций бесконечности и осуществимости. М. : Наука, 1967.
43. *Тэйлор Э., Уилер Дж.* Физика пространства-времени. М. : Мир, 1971.
44. *Рожанский И. Д.* Античная наука. М. : Наука, 1980.
45. *Козлов Б. И.* Возникновение и развитие технических наук: Опыт историко-теоретического исследования. Л. : Наука, 1988.
46. *Александров А. Д.* Основания геометрии. М. : Наука, 1987.
47. *Рожанский И. Д.* Анаксагор: У истоков античной науки. М. : Наука, 1972.
48. *Яновская С. А.* Преодолены ли в современной науке трудности, известные под названием “апорий Зенона”? // Яновская С. А. Методологические проблемы науки. М. : Мысль, 1972. С. 214–234.
49. *Зиновьев А. А.* Логическая физика. М. : Наука, 1972.

50. *Кнорринг В. Г.* О физико-кибернетическом подходе к решению философских проблем // Пятьдесят лет развития кибернетики : междунар. науч.-техн. конф., С.-Петербург, 5–7 окт. 1999 г. СПб. : Нестор, 1999. С. 34–35.
51. *Зубов В. П.* Развитие атомистических представлений до начала XIX века. М. : Наука, 1965.
52. *Урсул А. Д.* Информация: Методологические аспекты. М. : Наука, 1971.
53. *Аристотель.* Сочинения в четырех томах. Т. 3 / под ред. И. Д. Рожанского. М. : Мысль, 1981.
54. *Волков Г. Н.* У колыбели науки. М. : Молодая гвардия, 1971.
55. *Попов П. С., Стяжкин Н. И.* Развитие логических идей от античности до эпохи Возрождения. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974.
56. *Брянский Л. Н., Дойников А. С., Крупин Б. Н.* Метрология. Шкалы, эталоны, практика / ВНИИФТРИ. М., 2004.
57. *Башмакова И. Г.* Лекции по истории математики в древней Греции // Историко-математические исследования. Вып. XI. М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. С. 225–438.
58. *Hölder O.* Die Axiome der Quantität und die Lehre vom Mass // Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse. 1901. Bd. 53. S. 1–64.
59. *Гейберг И. Л.* Естествознание и математика в классической древности. М. : ОНТИ, 1936.
60. *Яновская С. А.* О роли математической строгости в истории творческого развития и специально о “Геометрии” Декарта // Яновская С. А. Методологические проблемы науки. М. : Мысль, 1972. С. 243–274.
61. *Аристотель.* Сочинения в четырех томах. Т. 2 / под ред. З. Н. Микеладзе. М. : Мысль, 1978.
62. *Григорьян А. Т., Зубов В. П.* Очерки развития основных понятий механики. М. : Изд-во АН СССР, 1962.
63. *Кнорринг В. Г.* Близок ли конец “рыночной эпохи” в науке? // SCM'98 : междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям. С.-Петербург, 22–26 июня 1998. Т. 2. СПб., 1998. С. 21–22.
64. *Дорфман Я. Г.* Всемирная история физики с древнейших времен до конца XVIII века. М. : Наука, 1974.
65. *Сонин А. С.* “Физический идеализм”. История одной идеологической кампании. М. : Изд. фирма “Физико-математическая литература”, 1994.
66. *Кузнецов И. В.* Избранные труды по методологии физики. М. : Наука, 1975.

67. Яновская С. А. Из истории аксиоматики // Яновская С. А. Методологические проблемы науки. М. : Мысль, 1972. С. 150—180.
68. Дьяконов И. М. Научные представления на древнем Востоке // Очерки истории естественнонаучных знаний в древности / отв. ред. А. Н. Шамин. М. : Наука, 1982. С. 59—119.
69. Белькинд Л. Д., Конфедератов И. Я., Шнейберг Я. А. История техники. М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1956.
70. Трахтенберг О. В. Очерки по истории западноевропейской средневековой философии. М. : Госполитиздат, 1957.
71. Гуревич А. Я. Средневековый мир: культура безмолвствующего большинства. М. : Искусство, 1990.
72. Гомоюнов К. К. Совершенствование преподавания общенаучных и технических дисциплин: Методологические аспекты анализа и построения учебных текстов. 2-е изд. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1993.
73. Ellis B. Basic concepts of measurement. Cambridge : University Press, 1966.
74. История Средних веков. Т. I / под ред. Е. А. Косминского и С. Д. Сказкина. М. : Госполитиздат, 1952.
75. Сидорова Н. А. Очерки по истории ранней городской культуры во Франции. М. : Изд-во АН СССР, 1953.
76. Кара-Мурза С. Г. Россия при смерти? Прямые и явные угрозы. М. : Яуза-пресс, 2010.

3. СРЕДНЕВЕКОВЬЕ — ОТ АЛКУИНА ДО ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

3.1. Краткая характеристика эпохи

Историки по-разному указывают события, принимаемые за начало и конец средневековья. Точка зрения советской историографии состояла в том, что средние века отделяются от древности “восстаниями эксплуатируемых масс” и нашествиями так называемых варваров, что привело рабовладельческий строй к гибели, а Новое время отделяется от средневековья буржуазными революциями, покончившими с феодальным строем [1, с. 11]. Иначе говоря, с позиций формационной теории средневековье отождествляется с эпохой формирования, расцвета и упадка феодального строя. Такая трактовка естественно приводит к членению европейского средневековья на три периода.

Раннее средневековье — период установления феодализма — по мнению авторов учебника [1], начинается приблизительно в V веке и заканчивается в XI веке.

Период развитого феодализма занимает XI—XV века.

Позднее средневековье — период разложения феодализма — начинается в конце XV века и заканчивается в середине XVII века английской буржуазной революцией.

Но нас интересует не история *феодального строя*, а история *средневековой науки и техники*, и поэтому представляется целесообразным сузить рассматриваемый в этой главе период времени с обеих сторон. Ведь даже в VI веке, как было показано в предыдущей главе, еще не угасла античная традиция. Кроме того, IV и V века были эпохой “великого переселения народов”. Не только нашествие гуннов изменило карту Европы (вождь гуннов Атила умер в 453 г.). Пришли в движение многие другие народы — вандалы с берегов Вислы переместились в Северную Африку, вестготы из Причерноморья — в Испанию и т. д. В VI веке при императоре Юстиниане Восточная Римская империя распространилась на огромную территорию, включавшую в себя Италию, Северную Африку и даже часть Испании, — и она тоже оказалась непрочной. Видимо, всё это время большинству европейских народов было не до развития науки.

Признаки интереса к ней, так называемое *каролингское возрождение*, появились только в эпоху правления Карла Великого — с 768 по 814 год. С этого времени, представителем которого был упомянутый в предыдущей главе Алкуин из Йорка (около 735—804), имеет смысл начать наше рассмотрение. Итак, начало рассматриваемого нами периода — это конец VIII века и первые годы IX века.

С другой стороны, весь XVII век (как мы видели, его середина принимается за конец феодализма) — это время разгара *научной революции*, одной из самых крупных во всей истории человечества. Как сама эта революция, так и ее подготовка, в которой заметную роль сыграла блестящая плеяда итальянских ученых, родившихся на рубеже XV—XVI веков, заслуживают отдельного рассмотрения.

Что касается главы, посвященной средневековой науке и технике, содержание которой мы сейчас обсуждаем, то ее целесообразно закончить именно началом XVI века, не доходя до порога научной революции (а также и до конца средневековья). И здесь подходящей фигурой представляется Леонардо да Винчи (1452–1519).

В эпоху, рассматриваемую в этой главе, — от рубежа VIII и IX веков до рубежа XV и XVI веков — уложилось много важных процессов и событий, из которых упомянем лишь некоторые.

В начале этой эпохи происходят определенные технологические изменения в сельском хозяйстве, а затем и в других областях. Примерно с XI века (а в Северной Италии еще раньше) начинается быстрый рост средневековых городов как торгово-ремесленных центров; в ряде этих городов возникают университеты.

С 1096 по 1270 год было организовано восемь крестовых походов. Для нас существенно, что они в какой-то степени познакомили отсталую Европу с культурой более передового Востока. К концу этого же периода практически завершился длительный процесс изгнания арабов с территории Испании (только Гренадский эмират “мавры” удерживали до 1492 г.). Это открыло другой и, по-видимому, более надежный путь знакомства с арабской культурой, как бы христианство ни демонстрировало враждебность ей — ведь, например, “после взятия Гренады лишь на ее площадях было сожжено более 80 тысяч книг” [2, с. 74]. Через арабов европейские ученые получили много отсутствовавших до того сведений о достижениях античной науки — главным образом, о трудах Аристотеля, дополненных ценными арабскими комментариями.

С 1337 по 1453 год продолжалась Столетняя война между Францией и Англией — фактически первый общеевропейский военный конфликт; в 1347–1353 годы по Европе прокатилась страшная эпидемия чумы. В 50-х годах XIV века начались завоевания турок на юго-востоке Европы, которые привели к тому, что еще почти через столетие, в 1453 году, турки захватили Константинополь, и Византия прекратила свое существование.

Из Византии — сначала при разграблении Константинополя крестоносцами в 1204 году, а затем в результате ее разгрома турками — прошли еще две волны знакомства западноевропейских ученых с античной наукой, на этот раз непосредственно в виде греческих оригинальных текстов.

Минуло еще 39 лет, и открытие Америки Колумбом (в 1492 г.) резко расширило известный европейцам мир и привело к изменению всей системы морских торговых путей. В мире культуры подобное расширение кругозора было связано с изобретением книгопечатания около 1440 года.

Общая картина развития средневековой науки выглядит так: примерно до VIII века основные усилия мыслителей направлялись на выработку церковных догматов; с VIII по XII век включительно происходило развитие схоластики, а XIII–XV века представляли собой ее апогей и последующий упадок [2, 3].

Действительно, XIII век считают “золотым веком схоластики”. Но уже XIV век — это не только схоластика, а XV век — совсем не схоластика. Постепенно пробиваются ростки новых учений, близких к современной нам науке.

Вообще представляет интерес процесс постепенного формирования *количественного подхода* к природе и обществу, протекавший в течение всего средневековья, — процесс накопления изменений, закончившихся созданием “универсума прецизионности” [4], столь характерного для науки Нового времени. Этот процесс в какой-то степени связан с развитием пресловутой “буржуазной расчетливости”.

Кроме того, в дальнейшем интересно будет выяснить, как различные представители средневековой культуры отвечали на три взаимосвязанных вопроса: во-первых, о соотношении между религией и философией (или вообще наукой); во-вторых, о том, что чему предшествует — вера пониманию или понимание вере; в-третьих, о том, что чем подкрепляется — разум авторитетом или авторитет разумом. Разумеется, нужно будет постоянно помнить и о борьбе между реализмом и номинализмом в понимании природы общих понятий (универсалий) — об этом было сказано в конце предыдущей главы.

3.2. Первые шаги средневековой научной мысли

Начало рассматриваемого в данной главе периода, как уже говорилось, ознаменовалось изменениями в хозяйственной деятельности, медленными, но в итоге настолько серьезными, что некоторые авторы говорят о *средневековой технологической революции*. Изменилась технология сельскохозяйственных работ, что привело к повышению урожайности. В большом количестве стали строиться водяные мельницы, в частности, в многочисленных монастырях, где они облегчали труд монахов.

Изобретение кривошипа, преобразующего вращательное движение в возвратно-поступательное, позволило использовать силу воды не только для помола, но и для выполнения других работ. При обратном преобразовании возвратно-поступательного движения во вращательное научились использовать маховики [5, с. 42].

Изменилось и отношение к труду. Если в античном обществе физический труд был уделом рабов и презирался, то теперь, например, труд монахов в монастырях стал считаться богоугодным делом. Появилось даже выражение: *laborare est orare* (трудиться — значит молиться).

Карл Великий считал необходимым обеспечить для служителей церкви в своей империи некоторый уровень образования и для этого привлекал грамотных людей из других стран, где духовенство было более образованным. “Так, во время похода в Италию в 774 г. он вывез оттуда Петра Пизанского и Павла, диакона Аквилеи, баварца Лейдарда и выходца из Испании гота Теодульфа” [1, с. 594].

В 782 году Карл привлек к своему двору *Алкуина из Йорка* — как выразился историк средневековой философии О. В. Трахтенберг, одного из первых представителей “средневековой христианской философии, как таковой”. По словам того же историка, Алкуин — “основатель придворной школы Карла Великого, а затем прославленной школы при Турском аббатстве” [2, с. 17].

В отличие от ряда церковных деятелей того времени Алкуин не был принципиальным противником античной философии; он находил в ней “золотые зерна истины”. Он написал руководство, “охватывающее в форме развернутого резюме основные

достижения античной философии и логики” [3, с. 137]. Вместе с тем в одном из его писем имеется такой упрек: “О, если бы твою душу заполняли четыре евангелия, а не двенадцать книг Энеиды!” [1, с. 594].

Историк математики Д. Я. Стройк обращает внимание на составленный Алкуином сборник “задач для оттачивания ума” [6, с. 105] — среди них известная логическая задача о переправе через реку волка, козы и капусты, а также задача о погоне собаки, прыгающей на 9 футов, за кроликом, прыгающим на 7 футов и находящемся в 150 футах впереди собаки (видимо, предполагалось, что собака и убегающий от нее кролик прыгают синхронно).

В книге [1, с. 594–595] приведены два отрывка из другого учебника Алкуина, написанного в форме диалога: ученик (Пипин, сын Карла Великого) задает вопросы, а учитель (Алкуин) на них отвечает.

Вот один из этих отрывков, позволяющий составить представление о характере и уровне преподавания:

“Пипин. Что такое буква?

Алкуин. Страж истории.

Пипин. Что такое слово?

Алкуин. Изменник души.

Пипин. Что рождает слово?

Алкуин. Язык.

Пипин. Что такое язык?

Алкуин. Бич воздуха.

Пипин. Что такое воздух?

Алкуин. Хранитель жизни, и т. д.”

Среди учеников Алкуина был **Рабан Мавр** (776–856), архиепископ Майнцский, автор энциклопедического труда *De universo*. Историки логики П. С. Попов и Н. И. Стяжкин [3, с. 148] отмечают, что этот философ (они называют его “Храбан Мавр”), ссылаясь на Боэция, писал о двух подходах к проблеме универсалий. Согласно первому из них, универсалии являются именами, образуемыми для удобства, а второй трактует универсалии как самостоятельные сущности. Боэций в этом вопросе занимал примирительную позицию, но Рабан Мавр предпочитал первую, номиналистическую точку зрения.

Считается, что создателем первой цельной философской системы раннего средневековья был монах **Иоанн Скот Эригена**

(около 815–877). В его двойном прозвище *Скот* означает шотландца, а *Эригена* — ирландское место рождения (от названия Ирландии — Эрин). Некоторое время он жил и преподавал в Париже [2, с. 18]. В диалоге “О разделении природы” он писал:

“Центральная задача познания состоит в том, чтобы природу всех вещей, которые только могут быть постигаемы, разделять, соединять, расчленять, указывать собственное место каждой вещи”.

Очевидно, анализ задач познания является важной частью теоретической стороны информационной сферы деятельности.

Но “собственное место” вещей Иоанн Эригена искал в иерархической системе понятий, образующих, по его мнению, истинную реальность. На высшем уровне иерархии у него находились четыре “природы”: несотворенная и творящая (Бог как причина мира), сотворенная и творящая (идеи в божественном логосе), сотворенная и нетворящая (чувственный мир) и, наконец, несотворенная и нетворящая (снова Бог, но теперь как конечная цель мира) [Там же, с. 19]. Эта двоичная классификация по двум признакам обладает определенной красотой, но для нас важно, что в противостоянии номинализма и реализма Эригена выступил на стороне последнего.

Эригена утверждал, что “истинная философия и истинная религия — одно и то же” и ставил разум выше авторитета:

“Авторитет происходит из истинного разума, а не разум из авторитета. Ибо слаб авторитет, не подкрепленный истинным разумом. Наоборот, истинный разум, надежный и постоянный, основанный на собственной мощи, не нуждается в подкреплении при помощи согласования с тем или другим авторитетом” [Там же, с. 19–20].

Этот рационалистический подход не мог понравиться церковникам. Работа Эригены “О разделении природы” (приведенные цитаты взяты из нее) была осуждена в 1225 году папой Гонорием III как “опасное лжеучение”.

3.3. Научная мысль Западной Европы X–XII веков

В книге О. В. Трахтенберга [2, с. 91] приведено следующее красочное описание средневекового города: “В период времени от VII до X века город казался немым; в нем царила атмосфера могилы; в XIII веке город жужжит, как улей; улицы еще узки, не-

правильны, нездоровы, но они оживлены, запружены тюками, лотками, торговцами, выкрикивающими свои товары...”

В Италии развитие началось несколько раньше: “Уже в IX–X вв. [итальянские] города превращаются из крепостей и епископских резиденций в ремесленно-торговые центры” [1, с. 170].

Именно в тот период, когда типичный средневековый город переставал быть немым как могила — на рубеже X–XI веков. — начинается систематическое знакомство западноевропейских ученых с арабской наукой. В наиболее близком соприкосновении с арабами была Юго-Западная Франция.

Французский монах *Герберт* (около 940–1003), архиепископ Реймский, затем Равеннский [2], ставший в 999 году папой Сильвестром II, был одним из первых ученых, ездивших с этой целью в Испанию. Он обучался там в 967–970 годы [7, с. 39]. С его именем связано проникновение в Западную Европу “арабских” десятичных цифр — правда, пока без нуля, — а также абака. Однако в ходу еще долго была римская система счисления, а на побережье Адриатики — греческие буквенные обозначения цифр [6, с. 108].

Д. Я. Стройк сообщает: “Когда в 1085 г. Толедо был отвоеван христианами у мавров, студенты западных стран толпами устремились в этот город, чтобы изучать науку арабов” [Там же, с. 106]. Через латинские переводы арабских источников европейские ученые впервые познакомились и со многими работами греков, которые до того были им недоступны.

По-видимому, в это же время наблюдается и определенная реакция на то своеобразное философское свободомыслие, которое было свойственно, например, Иоанну Скоту Эригене. Появляется тезис о философии как *прислужнице теологии* (*ancilla theologiae*), автором которого считают итальянца Петра Дамиани (около 1007–1072) [3, с. 136].

В конце XI века начинают работать первые в европейском мире университеты — они сначала возникали на основе уже существовавших школ. Вот как пишет об этом Н. А. Сидорова в монографии [8] (а также почти теми же словами, но подробнее — в учебнике [1, с. 614–616]):

«Первым университетом на Западе был Болонский, возникший еще в конце XI в., на основе болонской школы, в которой преподавал известнейший в те времена знаток римского права Ирнерий.

Типичным средневековым университетом был Парижский, получивший первую королевскую хартию с узаконением его прав еще в 1200 г. и являвшийся средоточием учащихся из самых различных стран Европы. Имея в своем составе четыре факультета: “младший”, или так называемый артистический, на котором проходились “семь свободных искусств”, и три “старших” (юридический, медицинский и богословский), на которые студенты принимались лишь по окончании артистического факультета, Парижский университет с начала XIII в. являлся одним из крупнейших центров образования в западноевропейском феодальном обществе» [8, с. 470].

Вообще в литературе можно найти самые различные мнения о дате возникновения Парижского университета (а также и других университетов).

Марио Льюцци пишет: “В 1100 г. университет в Болонье уже достиг славы. К этому времени [т. е. к 1100 году?] приобрел известность и Парижский университет” [10, с. 26].

Вот мнение другого автора, найденное в Интернете: “В 1207–1208 гг. преподаватели и студенты Парижа объединились в корпорацию (университет)”.

Еще одно типичное высказывание: “Парижский университет вырос из кафедральной школы собора Парижской Богоматери, и хотя датой его основания часто называют 1215 год, когда его уставы были утверждены папским легатом Робертом де Куркеном, ясно, эти уставы существовали и прежде”.

Стоило бы выделить в одной из приведенных выше цитат слова *корпорацию (университет)*. Словом *universitas* первоначально назывались именно корпорации преподавателей и студентов, сошедшихся из разных мест.

Интересно обсудить также мысль (из последней цитаты) о том, что университет вырастает из *церковной* школы. Более подробно этот процесс описывает А. Н. Боголюбов [11, с. 80]. Он утверждает, что монастырские школы имели обычно внутреннее отделение

(только для обучения монахов) и внешнее — для светских людей. Со временем внешние школы в Болонье, Париже и Кембридже стали выходить из-под монастырского руководства и наконец выделились в самостоятельные учебные заведения.

Вместе с Оксфордом эти три первых университета существовали, как пишет А. Н. Боголюбов, уже во второй половине XII века (т. е. между 1150 и 1200 гг.?). Заметим, что Марио Льюэци относит создание университета в Оксфорде к 1229 году; однако существует мнение о том, что Кембридж в 1209 году отпочковался от уже существовавшего Оксфорда [5, с. 81].

Резко возражает против представления об исключительно церковной предыстории Парижского университета Н. А. Сидорова:

“Официальная католическая точка зрения на происхождение Парижского университета, возникшего якобы на основе только епископальной школы Парижа и монастырской школы Сен-Виктор, т. е. имевшего чисто церковное происхождение... не выдерживает никакого сопоставления с историческими фактами” [8, с. 470].

Приведя ряд таких фактов, относящихся к нецерковным (частным) школам, она заключает:

«...Нецерковные школы Парижа продолжали существовать в течение всего XII в., т. е. вплоть до возникновения Парижского университета. История этих школ входит важнейшей частью в его предысторию и составляет ее наиболее интересную страницу. Вот почему мы считаем возможным сказать, что известность Парижу как центру образования на Западе в XII в. принесли нецерковные школы и что прославило этот город в то время преподавание “свободных искусств”, подобно тому, как Болонью прославило преподавание гражданского права, а Салерно — преподавание медицины. В XIII веке, под давлением церкви, в Парижском университете господствующее положение заняло богословие. Но это произошло уже после того, как церковь расправилась с ранними представителями оппозиционной по отношению к ней городской культуры во Франции».

Довольно подробно, ссылаясь на семь иностранных источников, рассказала о Парижском университете Галина Павловна Матвиевская в книге [9]. По ее словам, начало университету

положила корпорация преподавателей школ Парижа, создававшаяся в 1150–1170 годы по образцу объединений ремесленников и купцов. Однако организационно он оформился (как и было сказано выше) в начале XIII века. Университет объединял большое число коллежей, создававшихся на средства отдельных покровителей; первый коллеж возник в 1180 году.

Далее Г. П. Матвиевская пишет: “В 1257 г. каноник Парижа Робер де Сорбон основал коллеж, предназначавшийся для шестнадцати студентов-теологов... Этот коллеж занимал среди других привилегированное положение, и его название — Сорбонна — в XVI веке было распространено на весь богословский факультет, а еще позже — на университет в целом”.

К Парижскому университету придется еще вернуться в дальнейшем, а сейчас обратимся к деятельности ряда мыслителей разной значимости и различных направлений, протекавшей на протяжении XI и XII веков. Из этих деятелей мы здесь упомянем только тех, чья жизнь не продолжалась в следующем, XIII веке.

Михаил Пселл (1018–1078), византийский юрист, философ, филолог, историк, поэт [1, с. 660], остался в истории науки главным образом благодаря своим трудам по логике.

Многие авторы утверждают, что учебник Пселла, переведенный в XIII веке Петром Испанским, послужил основным пособием, по которому долгое время изучали логику в Западной Европе.

Более скромным считают вклад Пселла историки логики П. С. Попов и Н. И. Стяжкин. В их книге [3, с. 131] читаем: “Из константинопольских академиков некоторый вклад в трактовку логики Стагирита внесли Михаил Пселл и его ученик Михаил Ефесский”.

Далее, в [3, с. 141–142] доказывается, что мнение о труде Петра Испанского как о переводе Пселла ошибочно. Всё это представляется важным потому, что оценки влияния работ византийцев на последующее развитие науки у разных историков сильно различаются и часто противоречат друг другу.

Упомянем еще о том, что другой ученик Пселла — Иоанн Итал — “утверждал, что философское и церковное учение — это две обособленные системы, и каждая из них исследует истину совершенно самостоятельно” [1, с. 660]. Он был обвинен в ереси и подвергся гонениям.

Ансельм Кентерберийский (1033–1109), “последний отец церкви и первый схоластик”, был родом из Италии, но в 1093 году стал архиепископом Кентерберийским в Англии. Его позиция по проблеме веры и знания такова: “Я верую, чтобы понимать, а не стараюсь понять, чтобы уверовать”.

Соединяя учение Платона с потребностями католического вероисповедания, он полагал, “что все предметы имеют свои вечные прообразы в божественном мышлении... Эти прообразы суть не что иное, как слова Бога, когда он, размышляя, проводит как бы внутренний монолог” [3, с. 150].

Ансельму Кентерберийскому принадлежит знаменитое онтологическое доказательство бытия Бога. Вкратце оно состоит в следующем: у людей есть понятие Бога как существа, выше и совершеннее которого нет ничего. Но признак существования необходим для полного совершенства. Следовательно, Бог должен реально существовать.

Историки логики усматривают здесь *логическую ошибку*: нельзя рассматривать понятие “существование” в качестве предиката. Представляется удивительным другое — нынешние комментаторы Ансельма не отмечают, что в доказательствах нуждаются только такие положения, в истинности которых можно *сомневаться*. А ведь еще папа Григорий I (около 540–604) утверждал: “Та вера не имеет заслуги, которой человеческий ум предлагает доказательства” [8, с. 283]. Правда, мы увидим, что с этим не соглашался Абеляр.

Ансельм Кентерберийский учился у Ланфранка, выходца из Италии; в свою очередь его учеником был Ансельм Ланский, преподававший богословие. Великолепную характеристику дал ему Абеляр: “Он изумительно владел речью, но она была крайне бедна содержанием и лишена мысли” [12, с. 17].

У Ансельма Ланского учился **Гильом из Шампо** (около 1068–1121), воспитавший наиболее видных представителей Сен-Викторской богословской школы [8, с. 195].

Среди учеников Гильома — **Бернар Шартрский** (умер около 1130 г.). Он тоже “отождествлял универсалии с идеями Платона, считая идеи помышлениями божьими, предшествующими отдельным вещам” [2, с. 36].

Отметим, что такие цепочки ученичества типичны для средневековой науки. Вот как пишет об этом Н. А. Сидорова [8, с. 195]:

«Одним из наиболее действенных средств, которые церковь использовала для поддержания своей монополии в области образования, являлась личная преемственность учителей. Каждый из них находил себе одного или двух учеников, с которыми занимался особенно тщательно и которым передавал все свои знания. Так как эти ученики в VIII—XI вв. все без исключения принадлежали к духовному званию, монополия церкви в деле создания школ и руководства последними оставалась непоколебимой. Многовековая личная преемственность учителей сохранялась в неприкосновенности до конца XI в., как об этом свидетельствуют многочисленные факты, и была нарушена лишь в XII в. в результате развития городов и появления новых общественных элементов, не связанных лично с церковными бенефициями (магистры свободных искусств, преподававшие за плату, ваганты и пр.).

...От выученика барселонской школы Герберта (последовательно архиепископа реймского, равеннского и, наконец, папы Сильвестра II) протягивается другая нить [первая прослеженная Сидоровой “нить” нами опущена как мало интересная, а вот о Герберте выше уже говорилось] ...Герберт преподавал в реймской школе. Его учеником являлся основатель церковной школы в Шартре [в нескольких десятках километров юго-западнее Парижа] — Фульбер (XI в.). Учеником Фульбера был Беренгарий Турский».

Подчеркнем: система передачи знаний, свойственная той или иной эпохе, безусловно, характеризует состояние информационной сферы в эту эпоху.

Беренгарий Турский (около 1000—1088), по О. В. Трахтенбергу, — один из ранних представителей средневекового рационализма и номинализма, попытавшийся приложить к практике принципы Эригены о соотношении разума и авторитета. Его противник, упоминавшийся выше Ланфранк, возражал: он “предпочел бы лучше слушать и высказывать истины, основанные на священных авторитетах, чем диалектические тезисы” [2, с. 33]. Но церковники не только вежливо возражали Беренгарию. “Его призывали на соборы, осуждали, отлучали от церкви, сжигали его книги” [Там же].

Такое же противостояние, как у Беренгария с Ланфранком, мы видим и в следующих поколениях средневековых мыслителей. С номиналистом *Иоанном Росцелином Компьенским* (около 1050—1112), считавшим универсалии простым звуком, дуновением воздуха, боролся упомянутый выше Ансельм Кентерберийский, упрекавший Росцелина Компьенского в том, что он “всецело погрузился в чувственность” и “не в состоянии понимать того, что должно быть рассматриваемо разумом” [2, с. 35]. Так же как Ланфранк сумел осудить Беренгария Турского, Ансельм в 1092 году добился церковного осуждения Росцелина Компьенского [8, с. 254].

Гильома из Шампо, крайнего реалиста, утверждавшего, что универсалия, как “вещь, одна и та же по сущности, находится в своих отдельных индивидуумах вся целиком и одновременно; последние же различаются... только в силу разнообразия акциденций” [12, с. 14], резко критиковал один из самых замечательных умов того времени *Пьер Абеляр* (1079—1142). Он в юности учился у Росцелина, а затем недолго был учеником самого Гильома, но покинул его вследствие философских разногласий.

Абеляр считал, что универсалия не может быть вещью, но и не сводится к слову. Н. И. Стяжкин передает его мысль так: “...природа общего кроется не в вещах (res), и не в словах (voces), а в значениях соответствующих речей (sermones)” [14, с. 117]. Поэтому Абеляра часто относят к *концептуалистам*.

Церковники преследовали Абеляра не за какие-то тонкости его философии, а за то, что он учил: нельзя принимать на веру ни одного положения, не проверив его разумом. Более того, для него (говоря современным языком) предпосылкой логики была физика: необходимо сначала знать свойства вещей для того, чтобы правильно именовать их посредством слов [3, с. 153].

“Бесконтрольное чтение лекций Абеляром представлялось для церкви опасным главным образом потому, что вокруг Абеляра группировались те общественные элементы, которые добивались не богословских толкований, а светских знаний и которые требовали от Абеляра лишь доводов разума” [8, с. 334].

Предельно кратко его позицию формулируют так: *понимаю, чтобы верить*. Он писал: “Ведь чем более трудными вопросами

запутана, по-видимому, наша, т. е. христианская, вера и чем более далека она от человеческого разума, тем более солидной защитой последнего она должна быть, конечно, укреплена” [8, с. 282].

Получается, что Абельяр выступал как защитник религии; однако он подвергся безжалостным гонениям со стороны официальной церкви. При этом особо усердствовал “проповедник второго крестового похода, прославленный мистик” [2, с. 23] **Бернар Клервоский** (около 1091–1153), близкий друг Гильома из Шампо. Ряд писем Бернара воспроизведен в книге [12]. Там же помещены некоторые другие документы и очерк о П. Абельяре, написанный Н. А. Сидоровой.

Заметим, что при всех нелепостях своего крайнего реализма Гильом из Шампо удостоился определенного места в истории логики: «Анализируя трудности, связанные с последовательным проведением экзистенциальной трактовки связки “есть”, Гильом рассматривает примеры типа: “Химера есть воображаемое существо”» [3, с. 153].

Методологическое прерывание 3.1.

Об экзистенциальной трактовке логической связки

Слово *экзистенция* означает существование. Значит, при экзистенциальной трактовке связки *есть* ее, эту связку, понимают как утверждение реального существования предмета, о котором идет речь. Напротив, чисто логические трактовки этой связки не касаются способа существования предметов речи. Они состоят либо в том, что объем понятия, соответствующего первому из связываемых ею терминов, меньше, чем объем второго понятия (как в примере с химерой — ведь возможны и другие воображаемые существа помимо химер), либо в том, что эти объемы совпадают: например, *квадрат есть прямоугольник с равными сторонами*. Заметим, что в последнем примере речь тоже не идет о реальном существовании квадратов (тех идеальных квадратов, которые изучаются в геометрии). Можно было бы переписать определение квадрата по образцу химеры: *квадрат есть воображаемый плоский четырехугольник, имеющий четыре равные стороны и четыре прямых угла*.

Здесь мы касаемся сразу двух трудных вопросов методологического характера: во-первых, о *способах существования* — в каком смысле, например, “существует” несчетное множество действительных иррациональных чисел, ни одно из которых мы даже не можем изобразить в наших системах счисления, — и, во-вторых, о *статусе логики* и ее отношении к реальному миру. Оставим пока оба вопроса без подробного рассмотрения.

Возврат из прерывания 3.1.

Чрезвычайно интересна фигура магистра Тьерри, который на заключительном заседании Суассонского церковного собора, осудившего Абельяра, рискнул потребовать его оправдания. **Тьерри** (или Теодорик) **Шартрский**, младший брат Бернара Шартрского, умерший между 1150 и 1155 годами, имел репутацию “ученейшего мужа своего времени” и “самого выдающегося из всех философов Европы”. Впрочем, некоторые историки нашего времени считают самым могучим философским умом XII века другого представителя шартрской школы — современника Тьерри Шартрского **Жильбера Порретанского** (1076—1154).

Тьерри Шартрскому принадлежат первые в Европе комментарии к логическим сочинениям Аристотеля. Считают, что это он заимствовал у арабов идею применения нуля.

В единственном сохранившемся рукописном трактате Тьерри сделана попытка объяснить “сотворение мира” физическими соображениями:

“Первоначальное вращение легчайшего и отдаленнейшего неба, никоим образом не способного быть неподвижным, осветило воздух (творение первого дня). Освещенный же воздух, нагревая воду и поднимаясь сам вверх, сделался твердью (творение второго дня). А твердь, получив теплоту от этого пара, породила сушу и обратила теплоту на плодородие земли (творение третьего дня). Тогда от множества вод и от теплоты, содержащейся в самой тверди, возникли звезды (творение четвертого дня). А от движения и теплоты звезд получило начало рождение животных в воде и при посредстве вод перешло на землю (творение пятого и шестого дней)” [8, с. 335].

При всей смелости этого объяснения представляется, что оно сильно уступает в убедительности, например, космологической гипотезе Анаксагора.

Вообще космологические представления средневековых ученых довольно подробно разобраны в книге [13]. Авторы этой работы утверждают, что уже Бэда Достопочтенный (673–735), работавший в монастыре в Ярроу (Англия), в области астрономического знания “достиг если не уровня Птолемея, то по крайней мере уровня поздних пифагорейцев”, и, благодаря его авторитету, “начиная с VIII века идея о шарообразной форме Земли уже не ставилась под сомнение” [13, с. 63]. Оставим это без комментариев.

Иоанн Солсберийский, или *Джон из Солсбери* (около 1120–1180), упоминается рядом историков как автор описания парижских школ. Дадим еще раз слово Н. А. Сидоровой:

«Наиболее полные данные о городских нецерковных школах содержатся в хронике Иоанна Сольсберийского, учившегося в 40-х годах XII в. в Париже и оставившего довольно подробное описание школ, в которых он обучался. Из данной хроники мы узнаем, что в это время в Париже существовало уже несколько нецерковных школ. Среди них Иоанн Сольсберийский называет школу, которой руководили два брата бретонца — магистр Тьерри и магистр Бернар [может быть, упоминавшиеся выше Тьерри и Бернар Шартрские?], преподававшие риторику и диалектику и являвшиеся, по свидетельству современников, весьма “искусшенными” в “свободных искусствах”. Оба брата, как отмечается в хронике, были очень далеки от ортодоксального богословия, развивали перед своими слушателями теорию о вечном существовании мира и в результате подверглись преследованиям со стороны католической церкви.

...Из хроники Иоанна Сольсберийского мы узнаем по меньшей мере о восьми нецерковных школах, существовавших в Париже в то время, когда Иоанн там учился (1136–1148 гг.). Такое обилие школ в одном городе ясно указывает на то, что в первой половине XII в. Париж был одним из главных центров образования во Франции. Весьма интересные данные сообщает Иоанн Сольсберийский о шартрской школе Гильома Коншского, в которой он обучался в течение трех лет.

Гильом Коншский, получивший свое прозвище по месту рождения в небольшом нормандском городке, в середине XII в. являлся уже известным магистром, прошедшим курс обучения в Париже и имевший в своей школе в Шартре многочисленных учеников. Одновременно грамматик и диалектик, т. е. философ, Гильом Коншский славился основательностью своих лекций и исключительною любовью к античным авторам. Заявляя в своих лекциях о том, что он является последователем Демокрита и Эпикура, Гильом Коншский, как утверждал Иоанн Сольсберийский, пытался объяснить своим ученикам учение Демокрита об атомах...

...Говоря о последней школе, в которой он обучался, а именно о школе Гильома Суассонского, Иоанн Сольсберийский замечал, что он успел обучиться в ней лишь началам логики, а потом был вынужден бросить школу за неимением средств. И вот тогда-то, продолжал он, друзья посоветовали ему взяться за преподавание самому; он внял их совету и открыл свою школу, которая дала ему средства для существования» [8, с. 239–241, 245].

Здесь уместно заметить, что церковные деятели осуждали платное образование. В книге [5, с. 53, 55] приводится высказывание Бернара Клервоского (того самого, который травил рационалиста Абеяра):

“Всякое знание хорошо, если основано на истине. Но время, данное человеку, кратко, и потому он больше должен заботиться о том знании, которое ближе к спасению. Есть такие, которые хотят знать, чтобы продавать свое знание за деньги и почести, а это — недостойное стяжание. Есть такие, которые хотят знать, чтобы назидать других, — это любовь, и такие, которые хотят знать для собственного назидания, а это — мудрость. Только последние два разряда людей не злоупотребляют знанием”.

Почти такими же словами, но только более пренебрежительно выразился о парижских школярах того времени Яков Витрийский:

“Одни учатся только для того, чтобы знать, — это есть любопытство; другие для того, чтобы прославиться, — это есть тщеславие; третьи же для того, чтобы обогатиться, — это есть жадность” [8, с. 246].

Джон из Солсбери в 1151 году вернулся в Англию и стал епископом, а последние годы жизни провел в Шартре [14, с. 118]. Он

оставил ряд сочинений, среди которых крупный логический труд “Металогикон”, напечатанный в Париже в 1610 году и “являющийся первым своего рода наукоучением эпохи Средневековья” [14, с. 118].

Н. И. Стыжкин [Там же, с. 119] выделяет в “Металогиконе” два места. В одном из них говорится о Виллираме из Суассона, который “предлагал машину для захвата, как говорили его друзья, твердынь старой логики, для выявления неожиданных звеньев в аргументации и для ниспровержения мнений античных авторов”. Это, по-видимому, первое в истории упоминание о попытке механизировать логические рассуждения. Следующую попытку делает примерно через столетие Раймунд Луллий.

Другое интересное место в труде Джона из Солсбери содержит свод точек зрения на универсалии — как пишет Стыжкин, “три взгляда номиналистического характера и шесть мнений, тяготеющих к реализму”.

Номиналистические позиции приписаны Росцелину, Абеляру и Боэцию. Для Росцелина *universalia sunt flatus vocis* (универсалии — дуновение слова). По Абеляру, универсалии содержатся в значениях речей (*sermones*). Боэций видит в универсалиях концепты (понятия).

Один из реалистических подходов состоит в том, что универсалии считаются присущими самим вещам (не Гильом ли из Шампо имеется тут в виду?). Другой подход принадлежит Бернару Шартрскому, который (об этом здесь уже говорилось) вслед за Платоном рассматривал универсалии как прообразы вещей. Две следующие трактовки лучше привести в виде цитаты из книги Стыжкина: «Готье Мавританский считает, что “общее” в некотором смысле отображается в индивидуальном предмете, а Жильбер из Пуатье — что универсалии “пребывают в естественных формах, присущих действительным вещам”».

Заслуживает внимания позиция Гауслена из Суассона: общее присуще не индивидууму, но классу индивидуумов. И еще одна точка зрения состоит в том, что универсалии суть то, что остается в объектах при их изменении.

Интересно, что историк логики Стыжкин, отмечая преимущественно *онтологический* (т. е. имеющий в виду реальный мир, а не человеческое познание) подход схоластиков к проблеме уни-

версалий, мягко осуждает этих схоластиков. Они якобы не всегда осознавали, “что сутью номинализма, с логической точки зрения, является требование элиминации абстракций”. По нашему мнению, заниматься проблемой универсалий, находясь целиком “внутри логики”, бесполезно и бессмысленно.

В заключение отметим, что к рассматриваемому периоду относится появление в Европе по крайней мере двух важных нововведений.

Около 1100 года *умение изготавливать бумагу* длительным многовековым путем из Китая дошло до Марокко, а в 1150 году уже существовало производство бумаги в Испании. По Европе это умение распространялось тоже очень медленно – в Италии бумагу стали делать только в конце XIII века, во Франции – в середине XIV века, в других странах еще позже.

В 1180 году в труде англичанина Александра Неккама был впервые, но притом как уже известная вещь, упомянут *магнитный компас*. Происхождение его неясно но вряд ли он тоже заимствован из Китая. Как пишет историк физики Марио Льюцци, в Китае первый документ, в котором говорилось о свойствах магнитной иглы, датируется 1100 годом [10, с. 36].

Историк механики А. Н. Боголюбов утверждает, что еще в IX или X веке были изобретены также *механические часы*:

“Есть сведения, что Карл Великий получил часы в подарок от калифа Гарун аль Рашида. Называют нескольких изобретателей часов – Герберта из Орилака (папу Сильвестра II), аббата Вильгельма из Гиршау и др. Это является косвенным доказательством того, что около 1000 года колесные часы были уже известны” [15, с. 11].

Этому “косвенному доказательству” противоречит более поздняя публикация историка часового дела В. Н. Пипунырова [16], который датирует появление собственно механических часов XIII веком или даже началом XIV века. Может быть, авторы, пишущие о механических часах XI века, имели в виду водяные часы со стрелочными механическими указателями? Их ведь тоже можно с некоторой натяжкой назвать колесными.

Заметим еще, что, по мнению Боголюбова, «приблизительно с XII в. выделяется профессия специалиста в области военной и оборонной техники – инженера. Слово “инженер” связано

с латинским *ingeniosus* — талантливый и вульгарным латинским *ingenia* — военная техника» [15. с. 13].

3.4. Научная мысль арабоязычного мира X–XII веков

А. Н. Боголюбов, описывая процесс перемещения культурных центров эллинистической эпохи на Восток, начавшийся в V веке, сослался на доклад испанца Миллас-Валлигросы на международном конгрессе по истории наук, опубликованный в 1959 году [15, с. 10]. В этом докладе содержалась следующая мысль:

“...Контакт александрийской культуры с народами Среднего Востока происходил, главным образом, благодаря эмиграции ученых из-за религиозных беспорядков, которые царили в Византии: в 489 г. император Зенон закрыл процветавшую школу несториан в Эдессе, и они нашли убежище у Сасанидов в Персии и основали знаменитую школу в Юндисапуре [в книге О. В. Трахтенберга, на странице 49, при изложении этой ситуации говорится о школе в Низибисе и медицинской академии в *Гандисапоре*]. В 529 г. происходила новая эмиграция греческих ученых в Персию после закрытия Юстинианом неоплатонической академии в Афинах. Средний Восток, далеко за древними границами Византийской или Римской империи... с жадностью воспринимал культуру этих эмигрантов и пользовался зародышами наук, которые они приносили с собой”.

Народы Средней Азии испытали, кроме того, культурное влияние Индии и (по-видимому, в меньшей степени) Китая. Всё это наследие, можно сказать, досталось арабам, когда они в промежутке 630–750 годов распространили свое владычество на огромную территорию, включавшую в себя на западе почти всю Испанию, а на востоке — Персию, Хорезм и Фергану.

Официальным языком на этой территории стал арабский, но культурные достижения покоренных народов сохранились. В определенной степени сохранилось и единство культуры арабоязычного мира, в рамках которого образовался ряд отдельных государств. Не будем рассматривать судьбу этих государств; для нас представляет интерес арабский мир в целом.

Замечательно то, что уже в VIII веке арабы активно осваивали доступные им культурные источники. Так, “одним из условий

мира арабов с Византией было обязательство передать арабам по одному экземпляру всех наиболее выдающихся греческих книг” [2, с. 49].

Образуются группы переводчиков и переписчиков, выпускавших книги греческих авторов на арабском языке. На востоке главным культурным центром становится Багдад, на западе — Кордова.

В отличие от западноевропейских философов, которые все принадлежали к духовенству, арабские мыслители проявляли большой интерес к естественнонаучным дисциплинам. И мы обратим внимание сначала на достижения арабов *в области физики*, а уже потом рассмотрим *философские позиции* арабских мыслителей, выбирая лишь тех, которые в наибольшей степени повлияли на западноевропейский научный мир.

Здесь следует напомнить мысль (вообще говоря, очевидную), что развитие науки и техники определяется двумя факторами: во-первых, стремлением улучшить, доработать ранее достигнутое — т. е. *внутренней логикой* — и, во-вторых, *внешними толчками*, или, иначе говоря, потребностями практики.

Оба эти фактора обусловили интерес арабского мира к исследованиям в области *гидростатических взвешиваний*. С одной стороны, жива была память о замечательном эксперименте Архимеда с короной Гиерона, с другой стороны, потребности торговли побуждали искать методы обнаружения подделок — прежде всего, среди самых дорогих товаров вроде драгоценных камней.

Естественно, что в арабском мире возник интерес к гидростатике и измерению удельных весов различных тел [10, с. 26]. Аль-Рази (?—923) ввел в употребление гидростатические весы для определения удельного веса; Аль-Бируни (973—1048) определил удельные веса 18 драгоценных камней; знаменитый Омар Хайям (1040—1123) также занимался гидростатическими взвешиваниями и определил отношения весов слитков, находящихся в воздухе и в воде: для золота — 11:10, для серебра — $10\frac{1}{2}$:10 [17, с. 93].

Примечательна тщательность, с которой арабские авторы описывают подготовку и проведение экспериментов. В частности, говоря об одном из своих опытов, Аль-Бируни отметил все меры, принятые им для устранения систематических составляющих погрешности, и указал *границы разброса данных*, полученных

при многократных измерениях. Но далее, написав “Осторожность обязывала меня остановиться на средней цифре”, привел не среднее между максимумом и минимумом, а оценку, несколько смещенную для учета одной из систематических составляющих погрешности, которую он видел, но не сумел исключить в ходе эксперимента [17, с. 94].

Таким образом, здесь мы встречаемся с довольно развитой статистической обработкой данных.

Большой объем собственных и заимствованных сведений со- держала написанная *Аль-Хазини* в 1121–1122 годы “Книга о весах мудрости” [Там же, с. 64, 89–96]. В ней описывались четыре кон- струкции весов для гидростатических взвешиваний, изобретен- ные различными предшественниками Аль-Хазини, в том числе Омаром Хайямом. Наиболее сложная из них – с пятью чашками и рейтером (рис. 3.1) – позволяла непосредственно, без вычисле- ний, получать отсчеты весов двух известных компонентов в иссле- дуемом сплаве, а также ряда других параметров, которые могли интересовать исследователя.

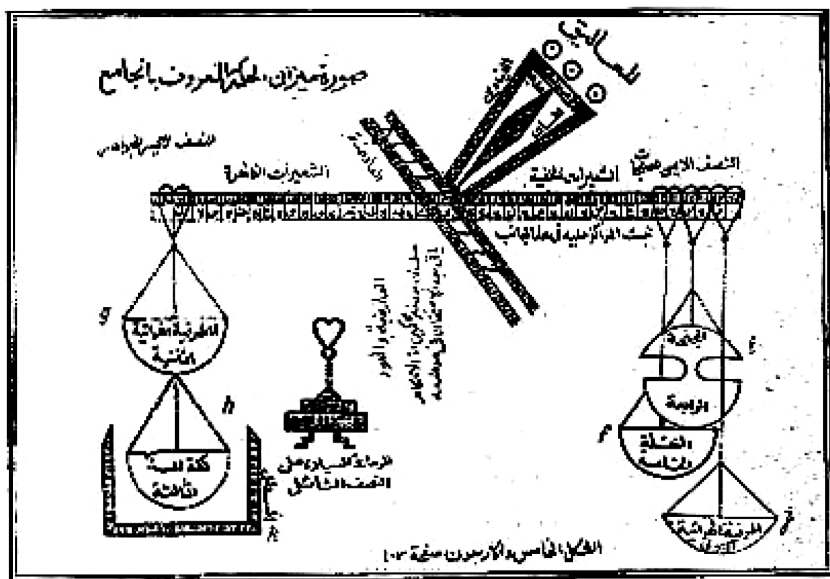


Рис. 3.1. “Весы мудрости” Аль-Хазини [17]

Это напоминает уже современную измерительную технику, в которой стремятся обеспечить непосредственный отсчет измеряемых величин в принятых единицах.

Аль-Хазини указал и порог чувствительности весов, в нынешних терминах составляющий 0,1 % от предельной нагрузки, а также подробнейшим образом описал методику эксперимента.

В книге Аль-Хазини приведены таблицы удельных весов для 50 веществ, включая 10 драгоценных камней и ряд жидкостей, таких как оливковое масло, молоко, человеческая кровь. Его данные очень близки к современным [17, с. 95]. Аль-Хазини описал и ареометр для измерения плотности жидкости.

Другой областью физики, которой успешно занимались арабы, была *оптика*. С современных позиций ее тоже (как и технику взвешивания) можно отнести к информационной сфере — ведь “энергетическая” лазерная оптика появилась совсем недавно, а сжигание вражеских кораблей с помощью зеркал, если и было в действительности, осталось единичным случаем применения оптики в “энергетической установке”.

В области оптики заметную работу выполнил *Абу Али ибн аль-Хайсам*, известный под латинизированным именем *Альхазен* (965—1039). Он выдвинул ряд новых теоретических положений, в частности относящихся к устройству и действию глаза; экспериментировал с камерой-обскурой; построил приборы для изучения законов отражения и преломления света, повторив с большей точностью опыты Птолемея [10, с. 28—32; 17, с. 107—109]. Впоследствии на аль-Хайсама опирался Роджер Бэкон в своих работах по оптике.

Среди ряда выдающихся *философов* арабоязычного мира наибольшее влияние на последующее развитие науки в Европе оказали Абу-Али Ибн-Сина (в латинской транскрипции Авиценна) — таджик, родившийся близ Бухары, живший некоторое время в столице Хорезма Гургендже, а затем в Иране, — и Абу-ль-Валид Мухаммед ибн Ахмед ибн Мухаммед Ибн-Рошд (Аверроэс), родившийся и работавший в испанской Кордове.

Ибн-Сина (980—1037) был “философом и врачом, астрономом и геологом, политиком и поэтом, зоологом и музыкантом” [2, с. 76]. Он приобрел обширные знания путем самообразования,

по книгам (в частности, основательно изучил “Метафизику” Аристотеля) и сам оставил большое число произведений по различным областям науки, в том числе учебник по логике [14, с. 103].

Из обширного творческого наследия Ибн-Сины выделим только несколько принципиальных положений. Начнем с его общефилософских позиций. Ибн-Сина рассматривал три категории как наиболее универсальные: возможное (материя), необходимое (божество) и действительное (мир), причем ни одну из них не считал возникшей — Бог существует вне времени, а материальный мир есть “вечная длительность” [2, с. 79].

В вопросе о соотношении между религией и философией Ибн-Сина придерживался теории “двойкой истины”. Он “признавал возможность самостоятельного и раздельного существования религии и философии, основанной на достижениях разума и опыта” [Там же, с. 81].

В области логики Ибн-Сина стремился к содержательности в противовес голому формализму. Он считал, что “логические категории и построения... должны соответствовать вещам, действительности” [Там же]. Логика для него была учением о способах познания природы и человека [14, с. 104]. Заметим, что это — один из возможных ответов на вопрос о статусе логики, который был поставлен выше, в конце методологического прерывания 3.1.

По проблеме универсалий Ибн-Сина опередил свое время. Он признавал тройкое существование общих понятий: до вещи (*ante rem*), в вещи (*in re*) и после вещи (*post rem*). До вещи универсальное существует в божественном разуме; в вещи оно существует как ее сущность, после вещи — в человеческом рассудке, абстрагирующем универсальное из единичных вещей.

В несколько более развитом виде это учениеистики философии находят у Фомы Аквинского, расцвет деятельности которого приходится на вторую половину XIII века.

Ибн-Сина исследовал, говоря современным языком, понятие *переменной величины*. По имеющейся литературе трудно судить, насколько подробно это понятие было рассмотрено до него. Крупный отечественный историк науки В. П. Зубов не называет имен средневековых ученых, ставивших вопрос о том, *отличается ли изменение качества от самого качества*; он указывает только, что у Ибн-Сины

“изложены различные точки зрения на эти вопросы. В частности, в отношении величины приведено мнение, что величина покоящаяся (*quantitas quieta*) и величина текущая (*quantitas diffluens*) принадлежат к одному и тому же логическому виду” [18, с. 145]. Но далее В. П. Зубов пишет, что сам Ибн-Сина не разделял это мнение и полагал, что изменение (становление) есть нечто большее, чем простая последовательность сменяющих друг друга состояний. В дальнейшем эта проблематика обсуждалась многими уже западноевропейскими деятелями, причем были выработаны термины *forma fluens* и *fluxus formae* — текущая форма и течение формы.

Наконец, Ибн-Сина внес свой вклад в теорию насильственного движения. Он не соглашался с Аристотелем и развивал идею Иоанна Филопона о том, что в брошенном теле запечатлевается некая движущая сила. По мнению Ибн-Сины, в брошенном теле имеется склонность (*майл*) к движению, которая проявляется как сопротивление при попытке остановить движущееся тело. В пустоте насильственное движение должно сохраняться и движение будет продолжаться постоянно [17, с. 99–101].

Ибн-Рошд (1126–1198), как и другие арабские ученые, тоже “и врач, и астроном, и математик, и юрист, и поэт, и теолог, и философ” [2, с. 65].

Основываясь на трудах Аристотеля, в учении которого он видел “высшую истину”, Ибн-Рошд в своих комментариях по существу разработал собственную философскую систему. В этой системе “действующая сила не создает никаких форм; ибо, если бы она их создавала, то что-нибудь могло бы произойти из ничего” [Там же, с. 67]. По Ибн-Рошду, “движение вечно и непрерывно, потому что всякое движение есть следствие предыдущего движения” [Там же, с. 68]. Божество, согласно его учению, есть лишь “мыслящая себя самая мысль”, которая не может быть направлена на индивидуальные вещи [Там же, с. 69].

Подобно Иоанну Скоту Эригене, Ибн-Рошд различал порождающую природу (*natura naturans*) и порожденную природу (*natura naturata*). О. В. Трахтенберг указывает, что это подразделение в дальнейшем разработал Джордано Бруно и по-новому Спиноза.

Существенной чертой философии Ибн-Рошда являлось учение о едином интеллекте. Он один для всех прошедших, настоящих

и будущих людей. Разум человека, приходя извне, соединяется с душой в процессе познания (исходным материалом которого являются чувственные представления). Сама же индивидуальная душа связана с телом и гибнет вместе с гибелью тела.

Ибн-Рошд, по словам О. В. Трахтенберга, явился одним из основоположников учения о “двоякой истине”, согласно которому философия идет по пути чистого умозрения, доступного немногим, а массе нужно оставить ее веру, облеченную в образную форму. В конечном итоге истина одна и та же, но в конкретных проблемах могут быть расхождения между наукой и религией.

Комментируя “Физику” Аристотеля, Ибн-Рошд сближает естественное движение с насильственным, по существу приписывая последнему большую общность: “Ясно, что причиной различия и равенства движений является различие и равенство отношений двигателя к движимой вещи... И это справедливо и для естественных, и для насильственных движений” [5, с. 257].

Ибн-Рошд под латинизированным именем Аверроэс пользовался, пожалуй, наибольшим авторитетом в глазах европейских ученых XIII века. В их трудах Аристотель именовался просто “Философ”, а Аверроэс — “Комментатор”; всем было ясно, о ком идет речь. Но он был и одним из последних крупных научных деятелей арабского мира. После него начался упадок арабской науки, да и общее состояние арабских государств стало ухудшаться. С конца X века начался процесс отвоения европейцами испанских земель от арабов, интенсивно развивавшийся в начале XIII века и закончившийся к концу этого века. На востоке наступали турки-сельджуки, вели свои захваты крестоносцы, а в начале XIII века монголы Чингис-хана завоевали значительную часть Средней Азии (и в 1237 г. под водительством Бату-хана вторглись на территорию Руси).

3.5. Тринадцатый век — золотой век схоластики

Уже в середине XII века католическому Западу стал известен весь состав “Органона” — логических сочинений Аристотеля, а к началу XIII века был переведен на латынь весь свод сочинений Аристотеля, за исключением “Политики” [5, с. 77]. Как пишут П. С. Попов и Н. И. Стяжкин [3, с. 139], проникновение арис-

тотелевской логики в Парижский и Оксфордский университеты состоялось, по-видимому, почти в одно время, а именно в начале XIII века.

Отношение образованных людей и официальной церкви к учению Аристотеля менялось сложным образом в течение всего XIII и значительной части XIV веков. О. В. Трахтенберг приводит красноречивое высказывание очевидца; речь в нем идет о Парижском церковном соборе 1209 года:

“В те дни читали в Париже некие книжки, составленные, как говорили, Аристотелем, излагавшие метафизику, недавно занесенные из Константинополя и переведенные с греческого на латинский язык. Поелику они не только подали хитроумными идеями повод новой упомянутой ереси, но и могли возбудить новые, еще не появившиеся, все они были присуждены к сожжению, и на том же соборе было постановлено, чтобы впредь никто не осмеливался под страхом отлучения их переписывать, читать или каким-либо образом хранить” [2, с. 95].

Вероятно, под “упомянутой ересью” здесь имелось в виду амальриканство — пантеистическое учение Амори (или Амальрика) Бенского, называемого также по месту рождения Шарттрским. Он учил: “Всё в мире едино, ибо то, что существует, есть Бог”. Амори умер в 1204 или 1206 году; его останки были вырыты из могилы и сожжены, в 1210 году были сожжены его 10 последователей [1, с. 618], в том числе 6 преподавателей Парижского университета [19].

Впоследствии изучение естественнонаучных трудов Аристотеля осуждалось и запрещалось *неоднократно*, поскольку университетские преподаватели нарушали запреты [20, с. 30]. Но наконец в 1366 году декретом двух кардиналов *предписывалось* изучать логику Аристотеля, а также его “Метафизику” и “Физику”, без чего нельзя было получить степень бакалавра [2, с. 95].

В развитии средневековой теологии и философии большую роль сыграли два монашеских ордена, возникшие в начале XIII века. В 1207–1209 годы **Франциск Ассизский** (1181 или 1182 — 1226) создал в Италии орден, называемый по имени его основателя *францисканским*. Его члены называли себя меньшими братьями (миноритами); они в начальный период деятельности жили не в монастырях, а странствовали, отличаясь крайней, нарочитой бедностью.

В 1215 году Доменико де Гусман в Тулузе основал орден *доминиканцев*, или братьев-проповедников, который вскоре тоже был объявлен нищенствующим.

Об отношении Франциска Ассизского к разным видам занятий, включая и науку, можно составить представление, например, по длинной череде его высказываний, приведенных в гл. VIII “Цветочков Франциска Ассизского” [21]. Вот одно из этих высказываний, обращенное к спутнику Франциска:

“Брат Лев, Божья овечка, даже если бы Меньшие братья говорили на языке ангелов, и знали бы течение звезд и свойства трав, и были бы им открыты все сокровища земли, и они познали бы природу птиц, и рыб, и всех тварей, и людей, и деревьев, и камней, и корней, и вод, — заметь и запиши, что не в этом радость совершенная”.

Другие подобные отрывки приводить нет смысла — они в таком же стиле. Но в чем же радость? Оказывается, вот в чем:

“...Выйдет он [привратник монастыря, куда отправились Франциск и Лев] с узловатой палкой, и схватит нас за плащи, повалит на землю, втопчет в снег и жестоко изобьет нас этой палкой, а мы перенесем всё это терпеливо и с радостью, думая о муках благословенного Христа, которые мы должны терпеть из любви к Нему, — запиши, брат Лев, в этом и будет радость совершенная”.

Первые известные теологи-францисканцы вступили в орден, уже имея опыт преподавания. Это Александр Гэльский (между 1170 и 1180 — 1245), получивший почетное прозвище “доктор неопровержимый”, и его ученик Иоанн, или Джованни Фиданца (1221—1274), более известный под именем *Бонавентура*. Его почетное прозвище — доктор серафимоподобный. Оба деятеля продолжали августиновскую традицию, согласно которой философия рассматривалась не как путь рационального познания, а как одна из ступеней мистического созерцания Бога [20, с. 97]. Это в общем не противоречило мировоззренческой позиции основателя ордена Франциска Ассизского.

Галина Васильевна Шевкина, автор содержательной работы [20], дала прекрасную формулировку: “У адептов августинизма вера не только превалирует над знанием, но поглощает его целиком”. Отношение августинистов к светскому знанию она иллю-

стрировала словами Жильбера Порретанского: “Non cognoscentes credimus sed credentes cognoscimus” [20, с. 29]. Это “не познавая веруем, но веруя станем познавать” — почти дословное повторение приведенного выше, в разд. 3.3, высказывания Ансельма Кентерберийского.

Для Бонавентуры, как и для некоторых других философов средневековья, общей формой всего существующего был свет. О. В. Трахтенберг формулирует эту идею Бонавентуры так: “Все тела по природе причастны к свету, и от степени этой причастности зависит степень и ранг их бытия” [2, с. 100].

Францисканцами были выдающиеся ученые Оксфордского университета Роберт Гроссетет (1175–1253), прозвище которого переводится как “Большеголовый”, и его ученик, знаменитый Роджер Бэкон (около 1214–1294). О них нужно рассказать отдельно, так как их деятельность была в значительной степени связана с естественными науками.

Во второй половине XIII века францисканский орден дал еще одного замечательного схоласта — Иоанна Дунса Скота (около 1265–1308), уроженца Шотландии (напомним, что *Скот* означает шотландца), почетное прозвище которого было “доктор утонченный”. В следующем, XIV веке выдающейся фигурой в философии стал францисканец Вильям Оккам (около 1300–1350), но у него уже мало осталось от первоначальной идеологии миноритов. К ним тоже потом вернемся, а сейчас нужно вспомнить представителей другого ордена — доминиканского, который исходно был нацелен на проповедническую и образовательную деятельность. В одно время с Бонавентурой жили и тоже некоторое время преподавали в Парижском университете два выдающихся философа-доминиканца: Альберт Большетдтский (около 1193–1280), прозванный “доктором всеобъемлющим”, и его ученик Фома Аквинский (1224–1274), “доктор ангельский”, который считается величайшим из религиозных философов средневековья. Его учение — томизм (от имени Thomas, т. е. Фома) — воскрешено в нынешней католической философии в рамках ее господствующего направления — *неотомизма*.

В отличие от францисканских философов, в учениях которых преобладал августинизм, доминиканцы в большей степени

опирались на Аристотеля; их задача состояла в том, чтобы приспособить Аристотеля к христианскому вероучению. Вообще доминиканцев отличала активность в борьбе с теми, кого они считали врагами церкви, — недаром в 1232 году доминиканцам было поручено руководство инквизицией, а сами себя они по созвучию называли *domini canes* — псами Господними.

Альберт Больштедтский (или **Альберт фон Больштедт**, или **Альберт Великий**) отличался широтой научных интересов и необычной для того времени эрудицией. Он не только комментировал философские и естественнонаучные работы Аристотеля (стараясь придать его взглядам христианскую окраску), но и “много занимался зоологией, ботаникой, астрономией, алхимией и минералогией” [2, с. 102]. Правда, в его работах самостоятельные наблюдения занимали немного места по сравнению с заимствованными сведениями, которые зачастую имели фантастический характер. Вероятно, справедливо мнение об Альберте Больштедтском как о преимущественно компиляторе.

Интересную мысль высказали историки логики П. С. Попов и Н. И. Стяжкин: “Первый намек на методологическую ограниченность силлогистики Аристотеля можно найти лишь у Альберта Больштедта, согласно которому при исследовании конкретных явлений природы нельзя использовать силлогизм. По Альберту, лишь опыт может быть решающей инстанцией в аналогичных ситуациях” [3, с. 65]. Выходит, что Альберт — одна из вершин средневековой схоластики — сам же первым указал на те области науки, где схоластические методы непригодны.

Эти же историки отметили, что Альберту приписывалось изобретение автоматов [Там же, с. 175].

Фома Аквинский прожил более короткую жизнь (он умер раньше своего учителя Альберта Больштедтского), но оставил большое число сочинений как систематизирующего характера (его *Summa theologiae*, по определению О. В. Трахтенберга, — энциклопедия официальной средневековой идеологии), так и полемических. Ему приходилось бороться на два фронта: с одной стороны, против устаревающей августинистской схоластики и, с другой стороны, против нового течения в средневековой философии — *аверроизма*, возникшего в результате знакомства европейских ученых

с трудами Аверроэса (здесь мы будем называть Ибн-Рошда так, как его называли схоласты).

Основные труды Аверроэса стали известны в Европе к 1246 году [20, с. 27], а уже в 1256 году Альберт Великий по указанию папы пишет трактат *De unitate intellectus contra Averrhoem*, прямо направленный против Аверроэса [Там же, с. 32]. В эти же годы с нападкамии на аверроистское учение выступает Бонавентура.

Наиболее выдающимся аверроистом того времени был *Сигер Брабантский*. Он был убит в папской курии между 1281 и 1284 годами. К этому времени (возможно, вместе с Сигером) погиб и его сподвижник Боэций Дакийский. Читатель, конечно, не спутает этого Боэция с тем Аницием Манлием Северином Боэцием, которого король остготов Теодорих казнил в 524 или 525 году.

Об основных идеях аверроистского учения можно судить по 13 тезисам, которые были в 1270 году публично осуждены в Парижском университете по инициативе епископа Этьена Тампье (в 1277 г. он же добился осуждения 219 тезисов, в том числе 20 тезисов, взятых из учения Фомы Аквинского [20]).

Тринадцать тезисов, осужденные в 1270 году, приведены в переводе С. М. Раскиной в приложении к работе [20]:

- “1. Разум всех людей — один и тот же и нумерически един.
2. Неверно или не соответствует истине положение: человек постигает.
3. Воля человека желает и делает выбор на основе необходимости.
4. Всё, что происходит в этом мире, подчинено необходимости небесных тел.
5. Мир вечен.
6. Первого человека не было никогда.
7. Душа — форма человека, поскольку он человек, она гибнет, когда разрушается тело.
8. Душа, отделенная после смерти от тела, не страдает от плотского жара.
9. Свободная воля — потенция пассивная, а не активная, и потому по необходимости ею движет то, к чему можно стремиться.
10. Бог не познает единичных вещей.
11. Бог не познает того, что отлично от него самого.

12. Действия людей не направляются божественным провидением.

13. Бог не может дать бессмертие или нетленность вещи проходящей и телесной.”

Как видно, в этих тезисах отрицается сотворение мира и человека, бессмертие души, возможность вмешательства Бога в судьбы людей, да и вообще всемогущество Бога сильно ограничено.

Обратим внимание на гносеологические, информационные стороны аверроистских тезисов. С одной стороны, в них затрагиваются особенности божественного познания: Бог познает только себя как высшую абстракцию и не может познавать конкретных единичных вещей. С другой стороны, в качестве неверного выставляется положение о том, что человек постигает. Кто же тогда постигает? Ответом, видимо, является первый из перечисленных тезисов: имеется разум, общий для всех людей.

Это положение о едином разуме можно понимать в духе гераклитовского логоса (напомним соответствующий фрагмент Гераклита: “...хотя логос общ, большинство живет так, как если бы у них был особенный рассудок”). Тогда получается, что люди познают лишь постольку, поскольку входят в соприкосновение с единым общечеловеческим разумом.

Но можно истолковать единый разум и в стиле современной социологии: способность познания вырабатывается у человека только в обществе и поддерживается всей массой знаний, накопленной обществом. С этих позиций идею единого разума можно считать еще одним проблеском представления о *ноосфере* (сфере разума как высшем этапе развития биосферы), которое будет выработано через шесть столетий после Сигера — в частности, В. И. Вернадским.

Представление о едином разуме в учении Сигера соединялось с признанием ведущей роли восприятий в процессе познания. Г. В. Шевкина пишет:

“Познание, говорит Сигер, начинается с чувственного восприятия единичных предметов. Нет сомнений в объективной правильности такого восприятия, поскольку одно чувственное восприятие проверяется другим” [20, с. 49].

Это очень важная и, можно сказать, редкая мысль. Слишком многие философы настаивали на том, что чувства нас обманыва-

ют, и приводили многочисленные примеры иллюзий (например, весло, погруженное в воду под углом, кажется изломанным).

Что касается осуждения 219 тезисов в 1277 году, то его иногда рассматривали как благо для развития науки. Видный историк науки Пьер Дюэм (1861–1916; часто можно встретить транскрипцию *Дюгем*) писал: “Если мы намереваемся указать дату рождения современной науки, мы, несомненно, должны выбрать 1277 год...” [5, с. 217]. Эту точку зрения поддержал американский историк науки Э. Грант в работе, опубликованной в 1971 году: “...осуждение было в действительности фронтальным наступлением на аристотелевскую метафизику и философию” [Там же, с. 218]. Трудно судить о том, была ли польза от этого “фронтального наступления” с учетом того, что оно велось с позиций борьбы за признание божественного всемогущества, но очевидно, что оно было одновременно наступлением на свободу научной мысли.

Впрочем, о свободе мысли в Парижском университете можно судить по декрету 1276 года: “...желая для общей пользы противодействовать самонадеянности некоторых злонамеренных лиц, мы постановляем и приказываем, чтобы ни один магистр или бакалавр какого бы то ни было факультета в будущем не читал в частных местах каких-либо книг...” [2, с. 126].

Теперь вернемся к Фоме Аквинскому и рассмотрим некоторые черты его учения.

Фома, по выражению О. В. Трахтенберга, “достаточно неожиданно... провозглашает принцип: всё наше интеллектуальное познание находит свое начало в чувстве”. Но вместе с тем он утверждает, что “всякое познание является грехом, если только оно не имеет целью познание Бога” [Там же, с. 107].

Значит ли это, что Фома отрицал любую науку, за исключением теологии? Нет, Фома признавал наличие “истин разума” — конечно, тоже направленных на познание Бога и гармонирующих с “истинами откровения”, — но отводил разуму подчиненное место по отношению к вере. В свою очередь он ставил волю ниже интеллекта, поскольку воля есть всего лишь “стремящаяся”, а интеллект — “обладающая способность” [Там же, с. 104]. Заметим, что впоследствии Дунс Скот поставит волю выше разума (и свободу выше необходимости).

Согласно учению Фомы, “чувственный образ” предмета, воспринимаемый через ощущения, преобразуется “деятельным разумом” в “умопостигаемый образ”, который воспринимается в виде понятия “возможным разумом”, а последний путем суждений доходит до познания истины.

При всей схоластичности этого рассуждения в нем заключена здравая мысль о том, что процесс познания сложен и происходит на нескольких уровнях, причем каждому уровню соответствует свое представление информации о предмете.

Методологическое прерывание 3.2.

Уровневая структура познавательного процесса

В методологическом прерывании 1.1 уже было отмечено наличие уровневой структуры *языка*. Там же вскользь было сказано о том, что уровневая структура свойственна всем информационным процессам [22]. Теперь мы увидели, что зачатки представления об уровневой структуре познавательного процесса (а познавательные процессы образуют важный подкласс информационных процессов!) обнаруживаются уже у Фомы Аквинского.

Изобразить в общем виде уровневую структуру произвольного познавательного процесса (тем более протекающего внутри человеческого организма) автор данной работы не готов. Вместо этого предлагаем рассмотреть типичный пример *технического познавательного процесса*, а именно процесс измерения.

Автор впервые предложил пятиуровневую модель современного процесса измерения в статье [23], а впоследствии эта модель была развита в семиуровневую U-образную модель, представленную на рис. 3.2.

Сейчас можно не обращать внимания на детали модели, лучше даже не рассматривать левую, нисходящую ветвь, описывающую подготовку измерения, а сосредоточиться на правой, восходящей ветви (блоки 8–14).

На нижнем, физическом уровне измерение представляется совокупностью физических процессов, из которых важнейшими являются процессы взаимодействия технических средств с объектами познания.

Точно так же на физическом уровне можно рассматривать познавательные процессы в живом организме — например, процессы зрительного восприятия, в которые входят: фокусирование

изображения на сетчатке глаза, воздействие квантов света на светочувствительные клетки сетчатки, формирование нервных импульсов и т. д.

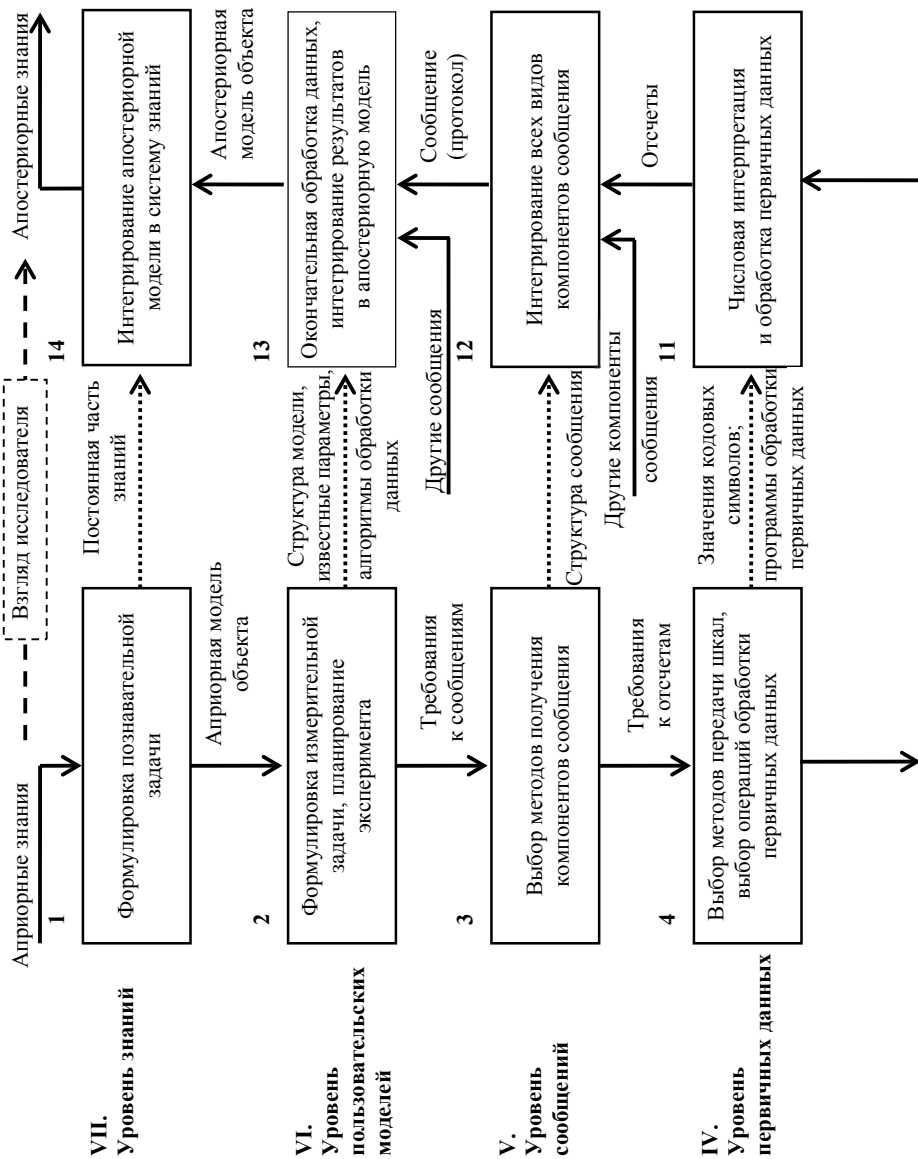
Но разработчики современных электрических средств изменений стремятся организовать физические процессы так, чтобы носителем информации можно было считать один выделенный процесс, называемый *сигналом*, а этот сигнал стремятся сформировать так, чтобы полезная информация заключалась в изменениях одного из многих его параметров. Так мы приходим к понятию *информативного параметра сигнала*. Теперь от сложного физического анализа можно перейти к рассмотрению более простой модели — *сигнальной функции*: зависимости информативного параметра сигнала от времени.

Это — другой уровень рассмотрения и совсем другое представление информации. Соответствует ли ему что-либо в живом организме? Если принять гипотезу о том, что в нервной системе информация передается только электрохимическими процессами распространения импульсов по аксонам нейронов и взаимодействиями, происходящими в синапсах, то можно рассматривать такую передачу на сигнальном уровне, не вдаваясь в детали физико-химических процессов.

На следующих уровнях в технической системе получают абстрактные (знаковые) *данные* в результате аналого-цифрового преобразования, а далее происходит их *интерпретация* — наделение смыслом.

На еще более высоких уровнях в технической системе несколькими шагами происходит интеграция осмысленных данных вначале в *сообщение* (протокол), затем в *апостериорную модель* объекта, и наконец, апостериорная модель интегрируется в имеющуюся *систему знаний*. Эти шаги также связаны с изменениями представления информации.

По-видимому, что-то подобное происходит и в живом организме. Однако, насколько известно автору, начиная от интерпретации данных и до формирования апостериорной модели объекта биологические аналогии технических операций (возможно, выполняемые в ином порядке) не выявлены. Апостериорная модель объекта познания, как и вся система знаний человека, существует



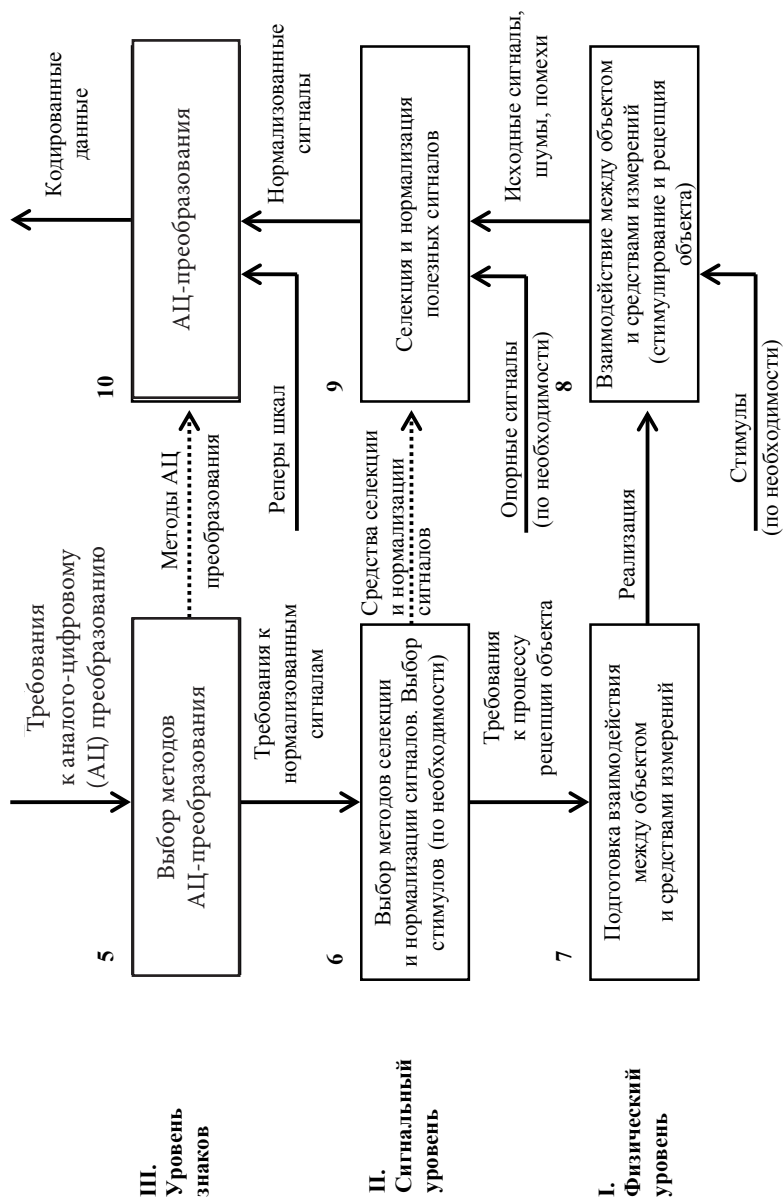


Рис. 3.2. Семиуровневая структура процесса измерения

на психическом уровне (уровне сознания — здесь мы не будем углубляться в проблемы подсознания), а психический уровень, по-видимому, до сих пор отделен некой пропастью от физиологических уровней, которые исследуются все более подробно. Можно только высказать предположение, что эта неисследованная пропасть содержит какие-то еще неизвестные нам уровни представления информации. Что касается представления знаний в человеческом организме, то оно тоже до сих пор недостаточно изучено, хотя имеется ряд гипотез и ведется интенсивная работа.

Не следует забывать о том, что человеческое познание не сводится к пассивному восприятию внешних объектов, а, как правило, связано с некоторыми действиями во внешнем мире или, по крайней мере, действиями по управлению органами чувств. Так, зрительные восприятия сопровождаются управлением кризисной хрусталика, направлением осей наилучшей чувствительности обоих глаз на объект, произвольными скачкообразными движениями глаз и т. д. Эта сторона процесса восприятия мало исследовалась философами прошлых лет, а нынешним специалистам в области информационной сферы следовало бы специально изучать ее.

Добавим, что элементы уровневого подхода к познавательным процессам можно найти у таких великих философов, как И. Кант и Г. В. Ф. Гегель. Они различали *рассудок* (как способность правильно умозаключать) и, на более высоком уровне, *разум* (как способность находить причины и сущность явлений).

Элементы уровневого подхода имеются и у других мыслителей прошлого. В частности, Николай Кузанский, живший в первой половине XV века, выделял в познании следующие четыре уровня:

“Первым уровнем является ощущение (*sensus*), вторым — рассудок (*ratio*), третьим — разум (*intellectus*) и, наконец, четвертым — рационалистически трактуемая интуиция (*animus*). Ощущение дает лишь неясные образы внешних объектов, рассудок способен уже на терминологическую работу и числовые оценки в сфере конечного, разум оказывается способным к сопоставлению противоположностей; интуиция характеризуется Кузанским то как

носящая интеллектуалистический характер, то как получающая мистическую окраску” [14, с. 185].

Возврат из прерывания 3.2.

Согласно одной из аксиом теории познания Фомы Аквинского, “всякое восприятие совершается по образу воспринимающего” [2, с. 107]. О. В. Трахтенберг в книге [2] развивает эту мысль следующим образом: воспринимаемый предмет должен “одухотворяться”, превращаясь в некоторые нематериальные “подобия”, которые “входят” в органы чувств.

Однако при буквальном понимании приведенной выше аксиомы создается впечатление, что она в какой-то степени предвосхищает так называемую теорию иероглифов, привлекавшую внимание философов в конце XIX — начале XX века.

Методологическое прерывание 3.3.

О теории иероглифов в анализе процесса восприятия

Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц (1821—1894), выдающийся физик и одновременно физиолог, исследовал, в частности, процессы, происходящие в нервной системе. В 1850 году он измерил скорость проведения нервных импульсов, которая составила около 25—30 м/с [24, с. 63]. В “Руководстве по физиологической оптике” он писал:

“Я обозначил ощущения как *символы* внешних явлений, и я отверг за ними всякую аналогию с вещами, которые они представляют” (цит. по: [25, с. 250]).

Это высказывание, очевидно, явилось следствием обнаружения того факта, что нервные сигналы, идущие в мозг от различных органов чувств, имеют *одну и ту же природу* независимо от того, какое именно ощущение они представляют. Зависимость формируемых сигналов от типового устройства воспринимающего органа и может пониматься как то, что “восприятие совершается по образу воспринимающего” (это уже слова Фомы Аквинского).

Георгий Валентинович Плеханов (1856—1918), один из первых пропагандистов марксизма в России, в какой-то степени уточнил сказанное Германом Гельмгольцем:

“Наши ощущения — это своего рода иероглифы, доводящие до нашего сведения то, что происходит в действительности. Иероглифы не похожи на те события, которые ими передаются. Но они могут совершенно верно передавать как самые события, так — и это главное — и те отношения, которые между ними существуют”(цит. по: [25, с. 406]).

Формулировка Плеханова (а вместе с ней исходная мысль Гельмгольца) получила название *теории иероглифов*. В. И. Ленин резко критиковал эту, по его словам, “теорию, по которой ощущения и представления человека представляют из себя не копии действительных вещей и процессов природы, не изображения их, а условные знаки, символы, иероглифы и т. п.” [Там же, с. 250–256].

Авторы примечаний к [25] выразились мягче: “Ошибка Плеханова, хотя и носила терминологический характер, была уступкой агностицизму и свидетельствовала о недостаточно глубоком понимании им диалектики процесса познания”.

Резкость Ленина вполне понятна: ему нужно было пресечь любые *возможности* отхода его соратников от материалистических позиций. Однако можно высказать два соображения по поводу всего сказанного.

Во-первых, как было показано выше, в разд. 1.5 “Возникновение письма”, иероглифы исходно были как раз изображениями действительных вещей.

Во-вторых (и это представляется наиболее важным), условность, абстрактность, *иероглифичность* представления информации *на промежуточных, физиологических уровнях* познавательного процесса никоим образом не исключает того, что *на верхних, психических уровнях* получаемая информация интерпретируется человеком как вполне соответствующая вещам.

Такая интерпретация обуславливается прежде всего опытом практической деятельности человека. Например, ребенок, прежде чем научается оценивать различные расстояния зрением, узнает о них, протягивая *руки* к вещам. В связи с этим можно сделать вывод, что теория иероглифов при надлежащей трактовке совсем не обязана вести к агностицизму, т. е. к отрицанию познаваемости окружающего нас мира.

Итак, при желании существенно модернизировать обсуждаемое нами высказывание Фомы Аквинского, можно увидеть за

ним комплекс проблем, который не только был актуальным в первые годы XX века, но и актуален сейчас, поскольку философский агностицизм никуда не делся.

Возврат из прерывания 3.3.

Как уже говорилось, решение Фомой Аквинским *проблемы универсалий* лежало близко к тому, которое предлагалось Ибн-Синой. Фома признавал три вида универсалий: универсалии *до вещей* (в божественном разуме), универсалии *в вещах* (в виде общего, присутствующего в единичном) и универсалии *после вещей* (в человеческом познании).

Фома Аквинский отверг доказательство бытия Бога, предложенное Ансельмом Кентерберийским, считая, что из мысли о Боге нельзя вывести его существования, но выдвинул пять других доказательств, в основном опирающихся на целесообразность устройства мира.

Заметим, что и в наше время многие задумываются: неужели сложность устройства живых организмов явилась результатом слепой эволюции? Можно ответить на это встречным вопросом: если организмы сотворены, то какой же невероятной сложностью должен был обладать их творец?

Очень интересно четвертое доказательство Фомы Аквинского — от “различных степеней, которые обнаруживаются в вещах”. Историк науки А. В. Ахутин привел его почти полностью, воспроизведем его (еще сократив) и мы:

“Мы находим среди вещей более или менее совершенные, или истинные, или благородные... Но о большей или меньшей степени говорят в том случае, когда имеется различная приближенность к некоторому пределу; так, более теплым является то, что более приближается к пределу теплоты. Итак, есть нечто, в предельной степени обладающее истиной, и совершенством, и благородством, а следовательно, и бытием... Но то, что в предельной степени обладает некоторым качеством, есть причина всех проявлений этого качества; так, огонь как предел теплоты есть причина всего теплого... Отсюда следует, что есть некоторая сущность, являющаяся для всех сущностей причиной блага и всяческого совершенства; и ее мы именуем Богом” [26, с. 111].

Заметим, что мы привыкли отсчитывать проявления всевозможных свойств от нулевого уровня, и, как правило, полагаем, что они не ограничены сверху. Для средневекового сознания всё было иначе. Здесь есть о чем подумать, но мы сейчас не будем на этом останавливаться.

Историки логики отмечают в качестве важного результата, достигнутого Фомой, сформулированное им *определение тождества*: “Два предмета тождественны, если... все, что приписывается одному из них, может быть приписано и другому” [3, с. 163]. Напомним, что выше, в методологических прерываниях 1.3 и 2.10, обсуждалась идея Альфреда Тарского об альтернативном способе определения тождества (через понятие принадлежности классу). Это значит, что не следует рассматривать определение Фомы как нечто тривиальное, само собой разумеющееся.

Учение Фомы об иерархическом устройстве мира, о субстанциальных формах и т. д., а также трактовку им вопросов политики и морали здесь можно не рассматривать, поскольку эти вопросы не относятся непосредственно к информационной тематике. Однако хочется всё же упомянуть о том, что Фома рассуждал о “справедливой цене” [2, с. 110]. Он писал: “Продавать дороже или покупать вещь дешевле, чем она стоит сама по себе, несправедливо и непозволительно”.

Не сказалось ли в этом происходившее как раз в XIII веке изменение менталитета обитателей средневековых городов (а Фома считал город с его сословным делением совершенной формой общества)? О том, что в это время люди стали, коротко говоря, более расчетливыми, имеется ряд свидетельств.

Вот, например, А. Я. Гуревич анализирует содержание проповедей, которые произносил для простого народа южных областей Германии францисканский монах Бертольд Регенсбургский во второй половине XIII века:

“Воспитание с помощью страха перед загробными наказаниями всегда было существенной частью проповеди. Но в речах Бертольда Регенсбургского обнаруживаются и некоторые новые черты... Мысль о пропорциональности греха и кары столь детально и всесторонне до Бертольда, видимо, не разрабатывалась. Нет ли корреляции между акцентированием этой мысли и возникно-

вением в городе новых ментальных установок? Ж. де Гофф склонен видеть в утверждении идеи чистилища и связанной с ней тенденции внести в отношения с загробным миром математические пропорции и расчет один из симптомов перестройки духовной жизни в период подъема городов, ремесла и торговли” [27, с. 247].

Как видно, своеобразная примитивная математизация жизни в рассматриваемую эпоху обсуждается историками — и Гуревичем, и де Гоффом, на которого он ссылается, — с некоторой неуверенностью, в виде предположений. В дальнейшем мы увидим, как на протяжении XIII—XV столетий математизация, тоже довольно сложным путем, станет проникать в науку.

Из крупнейших схоластов XIII века нам осталось рассмотреть францисканца *Иоанна Дунса Скота* (около 1265—1308) — “доктора утонченного”. Напомним, что предшествовавшие ему в хронологическом порядке Роберт Гроссетет и Роджер Бэкон (а также его современник Раймонд Луллий) отнесены нами в следующий раздел данной работы, посвященный деятелям, преимущественно занимавшимся естественнонаучной проблематикой.

Все авторы, пишущие о Дунсе Скоте, обязательно вспоминают рассказ о диспуте в Париже, в котором он участвовал. Говорят, что против положений, которые защищал Скот, было выдвинуто чуть ли не 200 аргументов. Скот выслушал их, ничего не записывая, затем повторил их по памяти и последовательно опроверг.

Нынешние историки, которые стоят на теологических позициях, характеризуют философию Дунса Скота как *возврат* к наследию Бонавентуры после того, как освоение античных источников (преимущественно доминиканцами, в частности Фомой Аквинским) отодвинуло на второй план собственно христианские идеи.

Многочратно цитировавшийся выше Орест Владимирович Трахтенберг, автор книги [2], вышедшей в 1957 году (когда теология была не в моде), согласен с тем, что “скотисты” и “томисты” ожесточенно спорили между собой. Согласен он и с тем, что Дунс Скот, “с глубочайшим почтением относясь к Аристотелю, выше всех ставил все же Августина” [Там же, с. 182]. Но, по его мнению, учение Скота было не отступлением, а шагом вперед.

Это мнение подкрепляется словами американского историка Стефена Торнея о том, что Дунс Скот фактически пришел “на

край реалистического монизма”, т. е. материализма [2, с. 184]. Действительно, согласно Дунсу Скоту, материя существует раньше формы, иначе она не могла бы соединиться с формой.

Что еще в учении Скота противоречило томизму? Прежде всего, это соотношение между верой и разумом. Если Фома Аквинский выдвигал принцип гармонии веры и разума (при подчиненном положении философии по отношению к теологии), то Дунс Скот строго разграничил разум и веру. Для него теология — это не умозрительная наука, а практическая дисциплина, способствующая спасению человеческих душ. Вера, как направление воли и настроения, не связана с познанием. Высшее блаженство — не в созерцании божественной истины, а в деятельности (любви к Богу).

Это рассуждение “снизу”, со стороны человека, согласуется у Скота с аргументом “сверху”, со стороны Бога, воля которого абсолютно произвольна и не связана с разумом [Там же, с. 182–183].

Видимо, своеобразный “волюнтаризм” Скота в какой-то степени предвещает тот индивидуализм, который будет характерен для эпохи Возрождения. Ростки нового мировоззрения у Скота проявились и в его отношении к математике, которую он считал основой строго научного знания, важнейшим средством объяснения явлений природы.

В связи с этим следует упомянуть отмеченное Н. И. Стяжкиным [14, с. 129] учение Скота об *интенсии и ремиссии форм*, расцвет которого принято относить к XIV веку — к исследованиям так называемых калькуляторов Мертонского колледжа в Оксфорде (интересно, что в Оксфорде получил образование сам Скот).

Позиция Скота в отношении проблемы универсалий вызывает разноречивые мнения. Некоторые историки относили Скота к реалистам; по П. С. Попову и Н. И. Стяжкину, “Дунс Скот говорит не столько о реальности родов и видов, сколько о реальности отношений” [3, с. 167], а К. Маркс (и марксисты вслед за ним) считал его номиналистом, предшественником В. Оккама. Многие отмечают введенное Скотом понятие “этость” — *haecceitas* — та форма, которая обуславливает индивидуальность, единичность вещи.

Скоту принадлежат и работы в области логики. Для средневековой логики этого времени характерны трактаты нескольких

видов: *de consequentiis* (о следовании), *de insolubilibi* (о неразрешимых, т. е. логических парадоксах) и некоторые другие. В книге [14, с. 157–158] рассмотрен вклад Скота в теорию *следования* одного суждения из другого.

Вообще понятие следования в логике неоднозначно. Одна трактовка положения “*B* следует из *A*” заключается в том, что выражение *B* можно по определенным правилам *вывести* из *A*. В современной символической логике это обозначается $A \vdash B$. В другой трактовке, соответствующей обозначению $A \supset B$ (“*A* влечет *B*”), следование понимается как логическая операция, результат которой принимает определенное истинностное значение, зависящее от истинностных значений операндов *A* и *B*, причем эти операнды, вообще говоря, могут быть не связанными между собой. Это второе понимание было намечено в мегарской философской школе Древней Греции.

Скот, по [14], трактовал следование в смысле выводимости и считал невозможным, чтобы при правильном следовании антецедент (основание) *A* был истинным, а консеквент (следствие) *B* ложным.

Последователи Дунса Скота развивали и уточняли его трактовку следования; в частности, Радульп Строд, наряду с истинными и ложными, рассматривал *сомнительные* высказывания [Там же, с. 161–162].

3.6. Математическая и естественнонаучная деятельность ученых конца XII — начала XIV веков

Даже в наше время бывает нелегко однозначно охарактеризовать какого-либо крупного ученого как философа, физика или математика. Тем более эта неоднозначность присуща средневековым ученым. И все-таки хочется выделить нескольких деятелей XIII века (включая предшествовавшее ему и последовавшее за ним десятилетия), результаты работы которых вошли главным образом в историю математики, физики и логики.

По мнению О. В. Трахтенберга, “некоторая систематизация и обобщение накопленного [естественнонаучного] материала начинается лишь в конце XIII века под влиянием... сдвига в развитии

городов, ремесел, торговли и мореходства” [2, с. 135]. Однако уже на грани XII–XIII веков появляются ученые, явно выходящие за узкие рамки схоластики.

В хронологическом порядке первым упомянем *Леонардо Пизанского (Фибоначчи)*, родившегося около 1170 года и ушедшего из жизни после 1228 года. Вот как характеризует его историк математики Д. Я. Стройк:

«Леонардо, которого называли также Фибоначчи (“сын Боначчо”), путешествовал по Востоку как купец. Вернувшись, он написал свою “Книгу абака” (*Liber abaci*, 1202 г.), заполненную арифметическими и алгебраическими сведениями, собранными им во время путешествий. В книге “Практика геометрии” (*Practica geometriae*, 1220 г.) Леонардо подобным же образом рассказывает о том, что он открыл в области геометрии и тригонометрии. Возможно, что он был к тому же оригинальным исследователем, так как в его книгах есть немало примеров, по-видимому, не имеющих точных соответствий в арабской литературе” [6, с. 107].

В математике остался *ряд Фибоначчи*: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, ...

В Англии, в которой в то время бушевали социально-политические конфликты (в 1215 г. была подписана Великая хартия вольностей), центром образованности был Оксфорд. Францисканец *Роберт Гроссетет* (1175–1253) (встречаются транскрипции его прозвища *Гроссет* и *Гроссетест*) был магистром Оксфордской школы с 1207 года, а затем стал первым канцлером университета.

Историк науки А. Кромби опубликовал в 1953 году книгу “Роберт Гроссетет и происхождение экспериментальной науки, 1100–1700”. По его словам, “благодаря Гроссетету Оксфорд становится первым центром методологической революции, с которой начинается современная наука” [26, с. 146]. Наш отечественный историк А. В. Ахутин, приведя это высказывание, оговорился, что начало экспериментальной науки следовало бы отнести к более ранним временам; тем не менее он посвятил анализу методологической позиции Гроссетета около 16 страниц книги [26].

Совсем не просто с помощью современного нам историка разбираться в том, что происходило в голове средневекового ученого. Всегда есть опасность приписать этому ученому мысли (или хотя бы зародыши мыслей), которых в то время не могло быть. Имеется и другая опасность: неверно понять сложные рассуждения самого современного историка.

По-видимому, Гроссетету удалось соединить в рамках единой методологии несколько известных в то время принципов. Он пользовался классической схемой индукции и дедукции (средневековые термины *resolutio* и *compositio*), сформулированной Аристотелем. При этом, по мнению А. Кромби, он выдвигал на первый план *изолирующий эксперимент* — если имелась возможность объяснить наблюдаемый эффект несколькими причинами, следовало устранить все причины, кроме одной.

Образцом наивысшей достоверности для Гроссетета было математическое доказательство (в то время были уже известны и “Начала” Евклида, и “Коника” Аполлония). Он писал, почти как Галилей напишет через 400 лет:

“Наука линий, углов и фигур служит тому, чтобы объяснять нам саму природу физических вещей, вселенной как целого и каждой ее части в отдельности, природу движения, природу активности и пассивности по отношению к материи и по отношению к зрению и другим чувствам”.

Но вместе с тем Гроссетет все-таки был францисканцем и, по словам А. В. Ахутина, полагал, что “истинное знание всегда уже присутствует в человеческой душе”. Различные методы исследования, как экспериментального, так и математического, вероятно, были для него лишь средствами *подсказать, навести на мысль*, получить *мгновенное озарение* (курсив Ахутина). Вот собственные слова Гроссетета:

“Озарение есть духовный свет... который имеет то же отношение к внутренним глазам и к интеллигибельным вещам, какое телесное солнце имеет к телесным глазам и видимым вещам”.

Слова о свете здесь имеют глубокий смысл. В средневековой философии многими высказывалась мысль: *Lux est principia essendi et principia cognoscendi* (“Свет есть принцип существования и принцип познания”) [26, с. 159, 283]. Метафизика света, почерпнутая Гроссететом у разных авторов, по-видимому, органически соединилась в его учении с идеями геометрической оптики, а также с достижениями оптической практики (вероятно, еще при жизни Гроссетета были изобретены очки).

В результате, как говорит Ахутин, оптика стала “основной и первой теоретической наукой подобно тому, как четыре века спустя такой универсальной наукой станет механика” [26, с. 162].

Правда, это высказывание, как и всякая общая и красивая формулировка, может быть оспорено: с одной стороны, уже в XIV веке два наиболее заметных научных направления — учение об интенсии и ремиссии качеств и теория импетуса — относились (первое преимущественно, а второе целиком) именно к *механике*; с другой стороны, через четыре века после Гроссетета, т. е. в XVII веке, продолжалось формирование научной *оптики* и она занимала важное место в трудах таких гигантов, как Кеплер, Декарт, Гюйгенс и Ньютон.

Ученик Роберта Гроссетета, знаменитый *Роджер Бэкон* (около 1214—1294), тоже занимался оптикой (в частности, он установил, что высота радуги равна 42°) и тоже писал об озарении:

“Опыт может быть двояким: один посредством внешних ощущений... но этот опыт недостаточен для человека, потому что он не полностью говорит о вещах телесных и ничего не говорит о духовных. Значит, необходимо, чтобы ум человеческий использовал другой опыт, и вот почему святые отцы и пророки, которые первыми принесли миру знания, испытывали внутреннее озарение, а не придерживались одних лишь ощущений” [10, с. 33].

Вместе с тем у него можно найти и такое высказывание:

“Существует естественный и не совершенный опыт, который... не отдает себе отчета в своих приемах; им пользуются ремесленники, но не ученые. Выше его, выше всех умозрительных знаний и искусств стоит умение производить опыты, и эта наука есть царица наук” [2, с. 163].

Значит ли это, что Бэкон, говоря об озарении, имел в виду не только религиозное озарение, но и озарение научно-теоретического характера, без которого опыт действительно остается уделом ремесленников?

Известна грустная история жизни Бэкона [2]. Во второй половине 1220-х и в 1230-х годах он учился, а затем преподавал в Оксфорде, в 1240-х годах работал в Париже (где, по его мнению, не изучали природу, а занимались бесплодными диспутами и писали комментарии к комментариям) и, вероятно, там вступил во францисканский орден. Около 1252 года Бэкон вернулся в Оксфорд. В течение 20 лет, проведенных в Париже и Оксфорде, он изучал

науки и занимался экспериментами, истратив на это большую сумму денег.

В 1257 году Р. Бэкона лишили права преподавания и изгнали из университета. Десять лет он провел в парижском монастыре под строгим надзором монахов. Однако в 1265 году папский легат в Англии Ги де Фульк, знакомый с работами Бэкона, стал папой под именем Климента VI, и этот папа передал Бэкону свое желание иметь его труд, написанный “в полном секрете” (слова папы!).

Огромный труд Бэкона *Opus majus* (“Большое сочинение”) был закончен менее чем за год и послан папе в Рим в 1267 году. Продолжением и разъяснением первого манускрипта стали *Opus minus* и *Opus tertium* (“Малое сочинение” и “Третье сочинение”).

В 1268 году Климент VI умер, а еще через 10 лет Бэкон был по требованию церковного руководства заключен в тюрьму, в которой провел 14 лет и из которой вышел за два года до смерти.

“Большое сочинение” Бэкона представляет собой трактат о пользе наук. В нем затрагиваются вопросы математики, оптики, теологии, хронологии (Бэкон настаивал на исправлении календаря, которое было реализовано только в 1582 г.), географии, экспериментальной науки, моральной философии.

В начале своего сочинения Бэкон перечислил четыре препятствия истинному познанию. Это, во-первых, авторитет без силы и достоинства, во-вторых, продолжительность и могущество привычки, в-третьих, предрассудки невежественного человека и, в-четвертых, стремление скрыть незнание под маской мудрости. Заметим, что через три с половиной столетия другой Бэкон, Фрэнсис, тоже перечислит (только в более вычурном стиле) *четыре* вида помех познанию: у него это предрассудки рода, пещеры, рынка и театра.

Бэкон не отделял веру от знания. Он писал: “Движение всей философии состоит в том, чтобы через познание творения познать творца” [2, с. 146]. Отсюда основная цель его исследований — познание “творения”, природы; творец при этом как бы отступает на второй план.

Учение Бэкона о материи существенно отличалось от представлений Аристотеля, для которого материя, пока в нее не

внесена форма, была своего рода безликой массой. У Р. Бэкона материя разнокачественна, она обладает различными свойствами, обусловленными разными количественными соотношениями входящих в нее элементов (золото, серебро, медь, свинец и т. д.). Как говорит О. В. Трахтенберг, “по коренным философским установкам Бэкон не алхимик, а химик, и его мысли о материи выводят его за рамки XIII века, приближая к XVII и даже XVIII веку” [2, с. 154].

Относительно универсалий Бэкон высказался так: “Универсалии существуют только в отдельном, и никоим образом не зависят от души” [Там же, с. 149]. Тем самым он отмежевался как от крайнего реализма, для которого универсалии имели самостоятельное существование, так и от крайнего номинализма, настаивавшего на субъективном (“зависящем от души”) характере универсалий. Для Бэкона отдельное существует само по себе, а не как отражение общего, но вместе с тем он и не отрицает объективной реальности универсального. В итоге получается, что Бэкон “ошупью пытается выйти за пределы” [Там же, с. 151] всей средневековой антитезы номинализма и реализма.

Широко известны вдохновенные предсказания Бэкона относительно будущих достижений техники. Кажется, что какие-то силы перенесли Бэкона в XX век, но только на короткое время, за которое ему не удалось многое увидеть и запомнить:

“Я укажу на удивительные произведения искусства и природы, в которых нет ничего магического и которые, однако, ни один магик не может сделать. Могут существовать такие орудия, при помощи которых большие корабли, управляемые только одним человеком, понесутся по морю с большей быстротой, чем на всех парусах. Можно устроить такие экипажи, которые понесутся с невероятной быстротой, без помощи животных. Можно сделать орудия для летания, так что человек, сидя спокойно и наблюдая различные окружающие предметы, рассекал бы воздух искусственными крыльями наподобие птиц. Можно будет посредством небольшого орудия поднимать величайшие тяжести. Можно устроить такое орудие, посредством которого один человек потянул бы к себе насильно тысячу людей против их воли и, наконец, такие машины, которые дадут человеку возможность ходить по дну морей и рек без малейшей опасности” [15, с. 12–13].

Отметим, что среди предсказаний Р. Бэкона лишь очень малая часть относится к информационной сфере; в частности, в приведенном выше отрывке информационный (или, скорее, кибернетический) характер имеет только возможность одному человеку управлять кораблем. В другом месте он говорит об увеличительных стеклах, но для него это не будущее, а настоящее:

“Если человек будет рассматривать буквы или другие мелкие предметы с помощью кристалла или стекла или другого прозрачного тела... и если это тело будет шаровым сегментом, выпуклость которого обращена к глазу, находящемуся в воздухе, то буквы видны лучше и кажутся больше... И потому это приспособление полезно людям старым и со слабым зрением, потому что они могут видеть даже маленькую букву достаточно большой” [10, с. 34].

У Бэкона есть сведения, позволяющие считать, что он умел изготавливать порох. Среди его многочисленных опытов были и опыты с магнитами. Изучая физиологию зрения, он пришел к замечательной мысли о том, что “зрение завершается не в глазах, но в нерве” [2, с. 168].

В связи с практической направленностью деятельности Р. Бэкона вряд ли должно удивлять (хотя О. В. Трахтенберга как раз удивляет) то подчиненное место, которое он отвел логике: для Бэкона она, как и грамматика, являлась наукой о словах [Там же, с. 159]. Зато он придавал большое значение вопросам образования, “неоднократно и настоятельно обращался к папе с требованием увеличения числа школ и коренной реформы программ и методов преподавания” [Там же, с. 177–178], в частности предлагал организовать *технические школы*.

И все-таки Роджер Бэкон, являясь чрезвычайно своеобразной и даже уникальной для своего времени фигурой, оставался сыном своего века с его предрассудками и заблуждениями.

Современниками Роджера Бэкона были два ученых, о жизни которых известно очень мало: *Вителлий (или Вителло)* из Силезии [Там же, с. 137] (или из Тюрингии [17, с. 110]?) и *Пьер де Марикур* по прозвищу *Перегрин*, т. е. Странник.

Вителлий родился в 1230 году, учился в Падуе. В 1271 году появился его трактат по оптике “Перспектива” в 10 книгах. Современные историки науки находят в нем много заимствований

(без ссылок на источники), однако это сочинение, еще в рукописном виде, пользовалось большой известностью, а в 1533 году было напечатано. О том, что и после этого оно не потеряло своего значения, свидетельствует тот факт, что Иоганн Кеплер назвал свой труд по оптике, опубликованный в 1603 году, “Дополнениями к Вителлию” (*Ad Vitellionem paralipomena...*).

Де Марикур, пикардиец, тоже занимался оптикой и написал трактат “О действии зеркал”, не дошедший до нас. По-видимому, именно об этой его работе восторженно отзывался Роджер Бэкон: “Магистр Петр — *dominus experimentorum* — изготовил зажигательное зеркало, какого не умеют делать латиняне” [17, с. 110].

Но наиболее известной работой Перегринна стало “Послание о магните Пьера де Марикур, по прозванию Перегринна, к рыцарю Сигеру де Фукокур”, написанное в то время, когда его автор участвовал в военных действиях, и датированное 8 августа 1269 года [10, с. 38]. Этот трактат тоже много лет был известен в рукописном виде, был напечатан впервые (до 1520 г.) в Риме под именем Раймонда Луллия, а затем, в 1558 году, в Аугсбурге [28].

По-видимому, от “Послания о магните” Перегринна и до выхода в 1600 году книги Уильяма Гильберта “О магните...”, автор которой предлагал “основания науки о магните — новый род философии” [10, с. 65], не появлялось других крупных работ, посвященных магнетизму, хотя исследования магнитногоклонения и наклонения велись на протяжении XVI века.

Из наиболее ярких ученых конца XIII века осталось упомянуть *Раймонда Луллия*, он же *Рамон Лул* (1235–1315). По словам историка логики Н. И. Стяжкина, “почти до 30 лет подвизался он в роли придворного у арагонского короля Иакова”, но затем в результате сильного душевного потрясения решил круто изменить свою жизнь, стал монахом и почти целиком посвятил себя логическим занятиям [14, с. 131].

Правда, там же Н. И. Стяжкин приводит мнение Дж. Бернала: “Луллий... был... одним из основателей химического направления в науке, которое... должно было через Парацельса и Ван-Гельмонта прийти к химии наших дней”. Однако в истории науки Луллий известен главным образом как логик.

По Р. Луллию, “logica est ars et scientia, quae verum et falsum ratiocinando cognoscantur et unum ab altero discernitur, verum eligendo et falsum dimittendo” [14, с. 131], т. е. *логика есть искусство и наука, при помощи которых истина и ложь распознаются разумом и одна от другой отделяются, причем истина принимается, а ложь отбрасывается*.

Замечательным представляется выражение *ars et scientia* (“искусство и наука”). Ведь почти любую часть современной информационной сферы можно определить этими словами: управление есть искусство и наука, измерение есть искусство и наука, связь есть искусство и наука и т. д. Но эти два слова звучат старомодно, а единого слова, объединяющего их значения, по-видимому, нет в нашем языке. Это не так безобидно, как представляется на первый взгляд.

Доказательство, учение о котором Луллий считал основной частью логики, определялось им как “всякое высказывание, состоящее из посылок и заключения или из антецедента и консеквента” [Там же, с. 133]. Пожалуй, уже в этой формулировке чувствуется склонность Луллия к формализации (хотя он рассматривал и *содержательные* выводы от причины к следствию).

Мы не будем углубляться в детали логики Луллия, а укажем только на ту его идею, которая резко выделила его в истории логики. Он предложил первую в мире (или одну из первых, если принять во внимание приведенное выше, в разд. 1.3, неясное свидетельство Джона из Солсбери о машине Виллирама из Суассона) *логическую машину*.

Описания этой машины, приведенные в литературе, не очень понятны. По-видимому, она состояла из семи концентрических кругов, которые могли поворачиваться друг относительно друга и на которые были нанесены буквы, обозначения логических субъектов и предикатов, а также геометрические фигуры. При вращении кругов получались различные сочетания терминов, из которых составлялись суждения и силлогизмы. Такую методику можно назвать комбинаторной.

Конечно, с позиций современной техники машина Луллия выглядит примитивной, однако она в какой-то степени послужила толчком к развитию автоматизации логических выводов. В частности, ею интересовался Лейбниц, которого считают основоположником идеи логических исчислений.

3.7. Научная мысль Западной Европы XIV века

Первая половина XIV века ознаменовалась в Европе такими катастрофическими событиями, как начало Столетней войны и страшная эпидемия чумы. Правда, современные историки считают, что после опустошения, вызванного чумой, стали возможными качественные сдвиги в развитии европейской экономики и культуры.

Во второй половине столетия в Европе произошло несколько крупных восстаний, вызванных, если говорить коротко, усилением эксплуатации трудящихся низов. Это — восстание Этьена Марселя (1356—1358 гг.) и Жакерия (1358 г.) во Франции, восстание чомпи во Флоренции (1378 г.), восстание Уота Тайлера в Англии (1381 г.). Все они были подавлены.

В XIV веке уже заведомо известны механические часы. Их устанавливают на башнях в городах. Правда, маятник еще не изобретен, и для регулирования скорости вращения часовой стрелки используется так называемый *регулятор фолио* (в России его называли *биянцем*). Он представляет собой горизонтальный рычаг, установленный на вертикальной оси; на концах рычага, на специальных зарубках, подвешены грузы.

Под действием гири, стремящейся повернуть систему колес, рычаг приходит в колебательное движение, и два выступа на его оси, поочередно цепляясь за зубцы одного из колес, позволяют этому колесу поворачиваться только небольшими периодически скачками. В отличие от современных часов регулятор фолио не имел собственной частоты колебаний.

В этом же веке в Европе распространяется огнестрельное оружие. Автор статьи [29] утверждает, что оно появилось в 1320-х годах, вероятно, в Северной Италии. Далее он пишет: “Уже в 1338 году орудия, метавшие гром и огонь, известны в Англии, в 1342 году — в Испании, в 1370-х годах — в Швеции, в 1378—1381 годах — в Венгрии, в 1382 году били пушки со стен московского Кремля по ордам Тохтамыша”.

С точки зрения истории культуры 1300-е годы — по-итальянски *треченто* — это эпоха раннего Возрождения. В это время в Италии творит Франческо Петрарка (1304—1374), в Англии — Джеффри Чосер (1340—1400).

Что касается науки, то здесь уместно сослаться на А. В. Ахутина:

“Большинство историков средневековой науки единодушно считают, что на протяжении всего Средневековья не было другого такого периода, в котором естествознание настолько близко подошло к методам новой науки, как XIV век” [26, с. 129].

В этом высказывании, очевидно, имеются в виду три направления европейской научной мысли XIV века: во-первых, философия Вильяма Оккама, во-вторых, учение об интенсии и ремиссии качеств, которое развивали ученые Мертонского колледжа в Оксфорде, а также Николай Орем в Париже, в-третьих, учение об импетусе, разработанное в Париже Жаном Буриданом и его соратниками. В соответствии с задачами настоящей работы и мы остановимся только на этих направлениях.

Вильям Оккам — “доктор единственный, беспримерный”, а также “доктор непобедимый” (у него были и другие почетные титулы) — родился около 1300 года (или, возможно, несколько раньше) в графстве Сёррей в Южной Англии; умер в 1349 или 1350 году в Мюнхене от чумы. Н. И. Стяжкин характеризует его как крупнейшего философа и логика средневековья [14, с. 141]. По-видимому, многие историки могли бы согласиться с такой оценкой: ведь в работах Оккама решение основных проблем схоластики было в основном доведено до логического завершения.

Образование Оккам получил в Оксфорде и в Англии же вступил в орден серых братьев, т. е. миноритов, или, иначе, францисканцев.

В этом ордене в конце XIII — начале XIV века назрел раскол. В 1316 году папой под именем Иоанна XXII был избран францисканец Яков Кагорский, который, как и многие другие члены ордена, далеко не придерживался идеала бедности, установленного его основателем. Вместе с тем еще за несколько десятилетий до избрания корыстолюбивого папы внутри ордена оформилось течение “живущих по духу”, или спиритуалов, и в начале 1320-х годов они составили большинство в ордене.

О. В. Трахтенберг описывает разразившийся конфликт так:

“Собор францисканцев в Париже постановил, что отречение от частной и общей собственности есть величайшая заслуга перед

Богом и путь к евангельскому совершенству, предуказанные Христом и апостолами. Папа осудил эти положения в булле 1323 г. ...

Генеральный министр ордена миноритов Михаил Чезена отверг папскую буллу и апеллировал к будущему вселенскому собору. Папа призвал его к суду и заточил в тюрьму. В ответ на это Михаил Чезена, знаменитый юрист Бонаграций Бергамский и Вильям Оккам бежали в 1328 г. в Пизу, где присоединились к воевавшему против папы императору Людвигу Баварскому” [2, с. 192].

Уточним сказанное: Оккам был заключен в тюрьму в 1324 году (до этого он преподавал в Оксфорде), провел в тюрьме в Авиньоне четыре года, ожидая суда папской курии. Обратившись снова к [2, с. 194], находим еще один факт: “В конце 1325 г. комиссия из шести теологов, рассмотрев богословские и философские учения Оккама, осудила 51 статью как еретические”. Его побег состоялся в ночь на 24 мая 1328 года.

Последние десятилетия своей жизни Оккам провел в Мюнхене, где им был написан ряд полемических и философских сочинений.

Высказывания Оккама на общественно-политические темы в какой-то степени предвещали идеологию эпохи Просвещения (а ведь до этой эпохи оставалось более 300 лет!). Он говорил о естественных правах человека, о том, что люди рождаются равными, об общественном благе.

Оккам строго придерживался концепции “двух истин”. Согласно этой концепции, источником *богословских истин* является Священное писание, и их невозможно доказать философскими аргументами, а *научные истины*, опирающиеся на разум и опыт, не зависят от теологии. Поэтому в учении Оккама (который, как было сказано, основные идеи доводил до логического завершения) сочетались элементы рационализма и мистики.

По Оккаму, Бог обладает абсолютным могуществом и не связан никакими законами. Он может оправдать грешника, невзирая ни на какое его поведение. Эта идея, *не ставящая* спасение человека в зависимость от его дел и намерений, была позже использована протестантизмом.

Из концепции “двух истин” следовало радикальное решение проблемы универсалий. Поскольку существование общих идей

как прототипов вещей в божественном уме (“универсалии до вещей” — *universalia ante rem*) не может быть доказано, человеческое познание всегда имеет дело с единичными вещами. Значит, и заниматься нужно не абстрактной проблемой бытия универсалий, а самим человеческим познанием.

П. С. Попов и Н. И. Стяжкин [3, с. 177–178] передают позицию В. Оккама по проблеме универсалий так: универсалии не являются реальными субстанциями, поскольку в противном случае они были бы единичными вещами; они и не содержатся в единичных вещах, а существуют только как *интенции в душе*.

Заметим: многие историки считают, что дискуссии по проблеме универсалий длились с *X по XIV век*, т. е. выходит, что после Оккама эта проблема потеряла остроту.

Это верно только отчасти: выше, в методологическом прерывании 2.17, было показано, что и в наше время проблема универсалий время от времени неожиданно (и зачастую неосознанно для лиц, поднимающих ее) всплывает в разных областях знания.

Как же Оккам трактует познание? По Оккаму, оно осуществляется посредством естественных *знаков*, обозначающих вещи, подобно тому как вздох является знаком недомогания или боли. Знак, занявший место в предложении, является термином; термин, воспринятый сознанием, равнозначен понятию [2, с. 203]. Термин, выражаемый словом, — это простейший элемент знания. Оккам различает “термины первой интенции”, относящиеся к самим вещам, и “термины второй интенции”, относящиеся не к конкретной вещи, а ко многим вещам и отношениям между ними. Наука, имеющая дело с вещами, пользуется терминами как орудиями знания. Поэтому, хотя в связи с позицией Оккама по отношению к универсалиям его причисляют к крайним номиналистам, для его учения часто используют специальное название — *терминизм*.

Логика, по Оккаму, занимается только значениями слов, а не физическими состояниями вещей, т. е. не содержанием терминов.

Чаще всего связывают с именем Оккама его знаменитую “бритву”. Это методологический принцип, встречающийся в его работах в различных формулировках, например: “Многое не следует утверждать без необходимости” (*Pluralitas non est ponenda*

sine necessitate) или “Напрасно выражать посредством большего то, что можно объяснить посредством меньшего” (Frustra fit per plura quod potest fieri per pauciora).

В современной литературе “бритва Оккама” обычно встречается в такой форме: “Сущностей не следует умножать без необходимости” (Entia non sunt multiplicanda sine necessitate). Однако у ряда историков можно встретить утверждение, что именно эта формулировка у Оккама отсутствует.

“Бритва Оккама” была направлена прежде всего против схоластических species visible, species audible и других скрытых сущностей, которые якобы передаются от видимых, слышимых и постигаемых вещей познающему субъекту. В этом заключалось ее прогрессивное значение. Однако если принцип экономии (это другое название “бритвы Оккама”) проводить слишком прямолинейно, то можно прийти к позитивистскому отрицанию мировоззренческих предпосылок познания, а это, безусловно, является вредным.

Нужно добавить, что философские позиции Оккама не были близки к передовым идеям тех его современников, которые в XIV веке начали, пока еще “на бумаге”, развивать *количественные методы в физике* (о чем будет сказано ниже в этом же разделе).

В связи с этим А. В. Ахутин в [26] привел следующее красноречивое высказывание одного из исследователей средневековой науки: “...Оккам сводит все проблемы количества к проблемам грамматики и логики...”. Конечно, такой подход не способствовал ни математизации науки, ни развитию экспериментальных методов исследования природы.

Методологическое прерывание 3.4.

Оккам как предшественник философского позитивизма

Позитивизм — одно из ведущих направлений буржуазной философии второй половины XIX и первой половины XX века. Название этого направления происходит от понятия “позитивная наука”, т. е. наука, основанная на фактах, а не на домыслах. Таким образом, *позитивизм есть прежде всего философия науки* и в основном философия наук о природе и о ее познании.

Позитивизм в своем развитии прошел три стадии. Родоначальником “первого позитивизма” считается Огюст Конт

(1798–1857). Его учение нет смысла рассматривать здесь, поскольку оно “перекрыто” последующими стадиями развития позитивизма.

“Второй позитивизм”, или *эмпириокритицизм*, связан с именами Эрнста Маха (1838–1916), Рихарда Авенариуса (1843–1896) и некоторых других видных ученых, пользовавшихся большим авторитетом в своих областях. В частности, Мах был крупным физиком (хотя некоторые его физические идеи выглядели странно); до сих пор скорость летательных аппаратов, перемещающихся быстрее звука, выражают в единицах М, или махах, т. е. в виде отношения к скорости звука. Но конец XIX века был временем философской рефлексии в науке, и многие ученые стали рассуждать (и писать) о принципах научного познания. В этих своих рассуждениях Мах и его единомышленники фактически пришли к субъективному идеализму.

Некоторые отечественные марксисты стали развивать сходные идеи, что заставило В. И. Ленина заняться критикой этих идей в посвященной специально этому вопросу книге [25].

“Третий позитивизм”, или *неопозитивизм*, переживал период расцвета в 20–50-х годах XX века. Если эмпириокритицизм питался успехами физики и химии, то неопозитивизм в основном использовал достижения логики и лингвистики. Из наиболее заметных имен можно назвать Людвиг Витгенштейна (1889–1951), а также Рудольфа Карнапа (1891–1970) и других членов так называемого Венского кружка. К неопозитивизму был в какой-то степени близок Бертран Рассел (1872–1970), но этого лорда-философа вряд ли можно причислить к определенной философской школе — он был скорее мыслителем-одиночкой.

Сейчас, как полагают профессиональные философы, позитивизм исчерпал себя. Однако нынешние отечественные ученые-естественники, не будучи профессиональными философами и ничего не зная ни о содержании, ни о судьбе позитивизма, склонны *самостоятельно* вырабатывать в своем сознании элементы позитивистской методологии. При этом они, как правило, уверены в том, что стоят на прочных мировоззренческих позициях. Ученые западного мира, вернее, те из них, которые тоже не являются профессиональными философами, впитывают позитивистские идеи из всего своего окружения.

Из сказанного следует необходимость специального изучения позитивизма (как “философии несбывшихся надежд”) специалистами естественнонаучных и инженерных направлений. В рамках методологического прерывания подробно изложить все разветвления позитивизма невозможно, да и не нужно; здесь мы только протянем несколько “ниточек” от В. Оккама к позитивизму. Но вот что обязательно нужно будет сделать — это обратиться к наброску В. И. Ленина “К вопросу о диалектике”, а именно к чрезвычайно важному общему выводу, хорошо соответствующему рассматриваемой ситуации. Этим выводом мы закончим методологическое прерывание.

Итак, первая “ниточка” — это наметившийся у Оккама и свойственный всем разновидностям позитивизма отказ от рассмотрения вопросов *онтологии*, т. е., коротко говоря, устройства мира, и сосредоточенность на *гносеологической*, познавательной проблематике.

Сама по себе такая сосредоточенность представляется безобидной — ведь в большинстве философских учений не разрабатываются равномерно все стороны философии, а преобладает та или иная сторона.

Однако значительно более опасна вторая “ниточка”, тесно переплетающаяся с первой. Имеется в виду *принцип экономии* — методологический принцип, который, как уже было сказано, может считаться эквивалентным “бритве Оккама”. В наше время он был явно сформулирован представителями “второго позитивизма” — эмпириокритицизма.

Согласно этому принципу, следует выбирать из нескольких возможных способов описания какого-либо явления не тот, который лучше соответствует действительности (не будем сейчас отвлекаться на обсуждение вопроса о том, что такое *соответствие действительности*), а тот, который является наиболее экономным. Например, описание Солнечной системы по Кеплеру лучше описания по Птолемею только потому, что оно проще, обходится меньшим числом допущений, а в остальном они равноправны.

Опять-таки, на первый взгляд этот принцип кажется разумным. Но последовательное его проведение заставляет отказаться от ряда понятий высокого уровня абстракции на том основании, что они

не нужны при выводе формул, описывающих явления. Например, позитивисты считают ненужным понятие *материи* и другие понятия мировоззренческого характера, они называют их метафизическими. В то же время предельно “экономными” оказываются, с одной стороны, учение о том, что все окружающее сотворено Богом по его произволу, и, с другой стороны, учение о том, что существует только одна познающая душа (а всё окружающее человеку только кажется). Первое можно охарактеризовать как крайний объективный идеализм, второе (для которого имеется специальное название — *солипсизм*; можно предложить корявый перевод: “однодушие”) — как крайний субъективный идеализм.

Третью “ниточку”, связывающую В. Оккама с позитивизмом (на этот раз в его неопозитивистском варианте), можно усмотреть в приведенной выше цитате: “Оккам сводит все проблемы количества к проблемам грамматики и логики”. Именно для неопозитивизма характерен тезис о том, что научные проблемы могут быть решены путем анализа языка и логики науки. Кроме того, если, по Оккаму, логика занимается только значениями *слов*, а не отношениями *вещей*, то это ограничивает область логики формализмом и лишает ее объективного содержания.

Конечно, не все стороны учения Оккама при их “проекции” на современную науку приобретают отрицательный характер. Например, его внимание к понятию *знака* предвосхищает современную науку о знаковых системах — семиотику, в которой, по видимому, нет крупных философских подводных камней.

Оккам “признает две системы знаков, обозначающих вещи: естественную — понятия как состояния сознания и искусственную — слова” [3, с. 181]. Это в какой-то степени напоминает не только современные, более сложные классификации знаков, но и учение Ивана Петровича Павлова о *второй сигнальной системе*.

Однако для нас важно именно то, что некоторые элементы учения Оккама, которые *определенно были прогрессивными* в его время, при прямолинейном перенесении в современную систему знаний заводят даже крупных ученых в философский тупик, или, лучше сказать, в философское болото.

И вот теперь самое время обратиться, как было уже сказано, к фрагменту наброска Владимира Ильича Ленина “К вопросу

о диалектике” (напоминаем, что он не предназначался для печати, а был написан для себя — отсюда его своеобразный стиль):

“Познание человека не есть (*respective* не идет по) прямая линия, а кривая линия, бесконечно приближающаяся к ряду кругов, к спирали. Любой отрывок, обломок, кусочек этой кривой линии может быть превращен (односторонне превращен) в самостоятельную, целую, прямую линию, которая (если за деревьями не видеть леса) ведет тогда в болото, в поповщину (где ее *закрепляет* классовый интерес господствующих классов). Прямолинейность и односторонность, деревянность и окостенелость, субъективизм и субъективная слепота *voilà* [вот] гносеологические корни идеализма. А у поповщины (= философского идеализма), конечно, есть *гносеологические* корни, она не беспочвенна, она есть *пустоцвет*, бесспорно, но пустоцвет, растущий на живом дереве, живого, плодотворного, истинного, могучего, всесильного, объективного, абсолютного человеческого познания”.

Этот великолепный текст многое объясняет в истории философии, не нужно только понимать метафору кривой линии познания буквально — ведь такой *непрерывной* линии нет, а есть именно совокупность “отрывков, обломков, кусочков”, разрывы между которыми только при взгляде с очень большого расстояния могут показаться исчезнувшими.

Следует особо обратить внимание на слова *односторонне превращен* — как правило, попадание в болото вызывается именно тем, что философ или целое философское направление уделяет преувеличенное внимание какой-либо *одной стороне* многостороннего процесса познания и занимается прямолинейным развитием только этой стороны. Так, для эмпириокритицизма основой познания являлось наблюдение, для операционализма — экспериментальные и логические операции, прагматизм интересуется только практической пользой и т. п. Односторонность учения делает его цельным и зачастую привлекательным, любителям формализации облегчает эту формализацию, но в конечном итоге не приводит к успеху.

Хотелось бы, чтобы читатель не просто воспринял сказанное, а самостоятельно обдумал его и выработал собственное мнение.

Прежде чем выйти из прерывания, обратим внимание на одну стилистическую особенность текста В. И. Ленина. Как уже было

сказано, он был написан для себя и имел право быть стилистически небрежным. Однако мы видим в нем удивительную цельность образов. Вот кривая линия познания превращается в самостоятельную прямую — и тут же эта прямая оказывается тропинкой, которая может привести в *болото*, если за *деревьями* не видеть *леса*. Далее, выясняется, что идеализм имеет гносеологические *корни*, и эта новая растительная метафора естественно продолжается дальше: он есть *пустоцвет*, *растущий* на живом *дереве* человеческого познания.

В небольшом тексте — множество образов, но нет ни одного, выпадающего из общей картины. Учиться надо такому единству стиля!

Возврат из прерывания 3.4.

При всей значимости логических работ В. Оккама не следует забывать и о других логиках, работавших в XIV веке. В частности, продолжались исследования логических парадоксов (типа “Лжец”). Много раз упоминавшиеся выше историки логики П. С. Попов и Н. И. Стяжкин пишут о Павле Венецианском (1342—1429):

“Обзор пятнадцати точек зрения на природу парадоксального предложения дает крайний аверроист Павел Венецианский... Например, согласно шестой точке зрения (ее придерживается Марсилиус из Ингена) неразрешимое предложение не истинно и не ложное, а есть нечто среднее...” [3, с. 196].

Имя Марсилиуса Ингенского (1330—1396) нам еще встретится в данном пособии.

Своеобразным мыслителем, продолжившим оккамовские тенденции, был **Николай из Отрекура**, годы рождения и смерти которого нам неизвестны. Он отделял философию от теологии; считал Бога всемогуществом, недоступным человеческому познанию, а окружающий нас мир — лишенным высшей конечной причины. По Николаю, “в природных вещах нет ничего, кроме пространственного соединения и разъединения атомов” [2, с. 219].

В тексте О. В. Трахтенберга, посвященном Николаю из Отрекура, можно усмотреть некоторое противоречие. С одной стороны, Николай призывает философов обратиться к наблюдению вещей и объяснению природы. Однако, с другой стороны, “Отрекур

признает два основных принципа познания: внутренний опыт и принцип противоречия” [2, с. 219]. Но из внутреннего опыта нельзя вывести ничего, относящегося к внешнему миру, а используя принцип противоречия, “невозможно из существования одной вещи вывести существование другой”, и поэтому “знание есть только уверенность в своем собственном существовании” [Там же].

Как видим, окказиализм уже в XIV веке (Николай был вынужден отречься перед Парижским университетом от своего учения в 1347 г.) приводил к крайнему субъективизму и скептицизму.

Перейдем теперь ко второму научному направлению, характерному для XIV века, — к *учению об интенсии и ремиссии* (т. е. об усилении и ослаблении) *качеств*. Нынешние авторы зачастую смешивают его с учением о *широте форм*, причем смешивают до такой степени, что иногда говорят об *интенсии и ремиссии форм*. Некоторую путаницу вносит еще и существование учения о *forma fluens* и *fluxus formae* — о текущей форме и течении формы, которое упоминалось выше, в разд. 3.4. Представляется, что эти три учения все-таки различны, хотя и связаны между собой.

Чтобы в этом разобраться, нужно вернуться к Аристотелю и вспомнить его трактовку понятий *формы* и *качества*.

В разд. 2.5 была приведена характерная цитата из “Метафизики” Аристотеля:

“...Под материей же я разумею, например, медь; под формой — очертание-образ; под тем, что состоит из обоих, — изваяние как целое. Так что если форма первее материи и есть сущее в большей мере, она на том же основании первее и того, что состоит из того и другого”.

Таким образом, форма вещи — это то, что делает ее (из некой безличной материи) такой, какова она есть. Понимаемая таким образом форма не может иметь *различных степеней*, изменения вещи могут обуславливаться только движением ее *материи*, субстанции.

Но материальным движением средневековые богословы не могли объяснить возможность различий в *духовном* совершенстве или благодати [30, с. 18]: ведь душа невещественна, и изменение ее свойств не могло быть связано ни с каким перемещением ма-

териального субстрата. Поневоле приходилось признать, что изменяться может сама форма. Таков один из источников учения о *широте форм*.

Однако термин *широта*, согласно В. П. Зубову [30, с. 16–17], встречается (в греческом варианте *πλάτος*, которому соответствует более позднее латинское *latitudo*) уже у Галена, выдающегося врача древности, жившего в 131–200 годы. Будучи врачом, Гален задавался вопросом: может ли здоровье, как некая соразмерность, равновесие элементов, иметь степени?

Казалось бы, равновесие должно быть чем-то единственным. Однако Гален замечает: “Часто случается, что лира кажется настроенной самым лучшим образом, а потом приходит другой музыкант и настраивает ее точнее”. Также и здоровье, по Галену, способно *растягиваться* на довольно большую широту (отметим здесь ссылку на музыкальную практику — думается, что мы сейчас склонны недооценивать роль музыки в развитии науки!). Это рассуждение можно считать другим источником учения о *широте форм*.

Что касается понятия *качества*, то оно у Аристотеля, как говорилось в разд. 2.5, неоднозначно. Напомним еще одну цитату, в которой “качество в первичном смысле” немногим отличается от *формы*:

“...О качестве можно, пожалуй, говорить в двух смыслах, причем один из них — важнейший, а именно качество в первичном смысле — это видовое отличие сущности... А в другом смысле называются качеством состояния движущегося, поскольку оно движется, и различия в движениях”.

В разд. 2.5 были приведены примеры качеств во втором смысле — это “тепло и холод, белизна и чернота, тяжесть и легкость и все тому подобное...”. Было сказано и то, что они, по Аристотелю, “допускают бóльшую и меньшую степень. Об одном белом говорят, что оно более бело или менее бело, чем другое”. Наконец, там же обсуждалась замечательная цитата из аристотелевской “Физики”:

“Теперь относительно качественного изменения: каким образом одно [изменение] будет иметь равную скорость с другим? Если, например, выздоровление есть качественное изменение, то одному возможно исцелиться скорее, другому медленнее, а не-

которым одновременно; следовательно, возможно качественное изменение, проходящее с равной скоростью, поскольку оно произошло в равное время”.

В свете сказанного вряд ли можно согласиться с В. П. Гайденом и Г. А. Смирновым, которые, полностью отождествляя форму и качество, утверждают: “...учение о широте *форм* первоначально возникло в средневековой медицине и фармакологии” как представление “о некоторой области, промежутке, в пределах которого может изменяться *качество*” (курсив мой. — В. К.) — от здоровья до крайней степени болезни [5, с. 287]. Ведь здоровье как равновесие, о “широте” которого говорил Гален (предположим, что авторы книги [5] имели в виду его), — это совсем не то, что промежуток “от здоровья до крайней степени болезни”. И как могло “первоначально возникнуть” в средневековой медицине представление об этом промежутке, если о нем подробно рассуждал уже Аристотель?

Теперь, пожалуй, мы подготовлены к тому, чтобы обсудить связь между тремя средневековыми учениями:

об интенсии и ремиссии качеств;

о широте форм;

о текущей форме и течении формы.

Представляется, что учение об интенсии и ремиссии качеств, если взглянуть на него с современных позиций, имеет два аспекта.

С одной стороны, оно представляет собой попытку каким-то образом *градуировать* тот промежуток возможных изменений качества, о котором говорил Аристотель. В этом отношении оно предвосхищает современное понятие *интенсивной физической величины* (противопоставляемое *экстенсивным величинам* — их Аристотель только и относил к количествам).

С другой стороны, то же учение, если сосредоточить внимание на самом *процессе* интенсии или ремиссии, предвосхищает другое современное понятие — *переменной величины*.

Сразу отметим, что упомянутые выше Гайденом и Смирновым обратили внимание преимущественно на этот второй аспект и поэтому у них в книге [5] учение об интенсии и ремиссии качеств фигурирует под рубрикой средневековой кинематики. Но ведь первый аспект с позиций истории информационной сферы имеет не меньшее значение.

Кроме того, хотя кинематика, т. е. исследование понятия скорости движения, и была частью учения об интенсии и ремиссии качеств, но в рамках этого учения рассматривались и такие процессы, как потемнение, похолодание, сгущение и т. п.

По-видимому, можно сблизить первый аспект учения об интенсии и ремиссии качеств (связанный с практической проблемой *градуировки* степеней качества) с учением о *широте форм* как более абстрактной, философской постановкой той же проблемы. Что касается второго аспекта учения об интенсии и ремиссии качеств (связанного с изучением *процесса изменения* качества), то его предшественником и “философским двойником” в какой-то степени явилось учение о *текущей форме и течении формы*.

Итак, можно сосредоточить наше внимание на учении об интенсии и ремиссии качеств, считая, что два других упомянутых учения являются отчасти его “философскими двойниками”, а отчасти предшественниками.

Целесообразно еще сказать несколько слов о предыстории этого учения. Как было видно из сказанного ранее, уже Аристотель размышлял об изменчивости качеств и *постоянно говорил об их промежуточных степенях*. Однако он в своей “Физике” категорически отверг возможность градуировки этих промежуточных степеней, заявив:

“Ни качественное изменение, ни рост, ни возникновение не равномерны, а таково только перемещение”.

Своеобразно отразилось представление о постоянных и меняющихся сущностях в классификации дисциплин квадривиума по Боэцию. У него арифметика и геометрия определялись соответственно как науки, занимающиеся *постоянными* множествами и величинами, а музыка и астрономия — *изменяющимися* множествами и величинами.

Как было сказано выше, в разд. 3.4, великий таджик Ибн-Сина изучал различия между величиной покоящейся (по-латыни *quantitas quiesca*) и величиной текущей (*quantitas diffluens*).

Занимался этим также Ибн-Рошд, который обозначал изменяющееся качество термином, звучащим на латыни как *forma mutata* (или *forma mota*).

Стандартные для последующей философии термины *forma fluens* и *fluxus formae* появились у Альберта Великого [18, с. 147].

Как отметил Н. И. Стяжкин в [14], некоторый вклад в развитие понятия переменной величины внес Дунс Скот.

И теперь, наконец, мы подошли к тому новому, что сделали в исследовании этой проблемы ученые XIV века, работавшие главным образом в Мертонском колледже Оксфорда.

Это — *Томас Брадвардин* (1290—1343), *Уильям Хейтсбери*, *Ричард Свайнсхед* (фамилии встречаются в разных транскрипциях, в частности, Свайнсхеда часто называют *Суусет*), *Джон Дамблтон*. Особо заслуживает внимания парижанин *Николай Орем*, или *Орезм* (1323—1382), автор замечательного трактата “О конфигурации качеств” [30].

Ученых Мертонского колледжа называли *калькуляторами*, поскольку они в своих рассуждениях активно пользовались вычислениями. Количественно степень проявления какого-либо качества они выражали в *градусах* (т. е. степенях). Если некоторое качество отсутствовало, это был “не-градус”; если оно присутствовало в максимальной степени, это был “высший градус”; промежуточный степени соответствовал “средний градус широты”.

Наряду с *интенсивностью* какого-либо качества (выражавшейся в градусах) они рассматривали его *экстенсивность*. Так, интенсивностью движения была его скорость, а экстенсивностью — время движения.

Мертонцы уже свободно пользовались понятием скорости движения. При этом, наряду с *униформным* (по-нашему — равномерным) движением, они изучали *дифформное* (неравномерное) движение. Более того, они даже имели понятие об *униформно-дифформном*, т. е. “равномерно неравномерном” (в нашей терминологии — равноускоренном или равнозамедленном), движении.

Конечно, нашего понятия мгновенной скорости неравномерного движения как *производной* пути по времени у них быть не могло, и они обходили эту трудность, определяя мгновенную скорость в какой-либо момент времени как скорость такого движения, которое *было бы равномерным* начиная с этого момента.

По-видимому, высшим достижением мертонцев считается теорема о том, что путь, проходимый “униформно-дифформно” движущимся телом за некоторое время, равен пути, которое прошло бы тело за то же время, если бы двигалось “униформно” со средней скоростью.

Смысл этой теоремы ясен из рис. 3.3, на котором $v(t)$ — мгновенная скорость равноускоренного движения, $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения, а пройденным путям соответствуют площадь трапеции, ограниченной линией $v(t)$, и равная ей площадь прямоугольника, ограниченного линией $v_{\text{ср}}$.

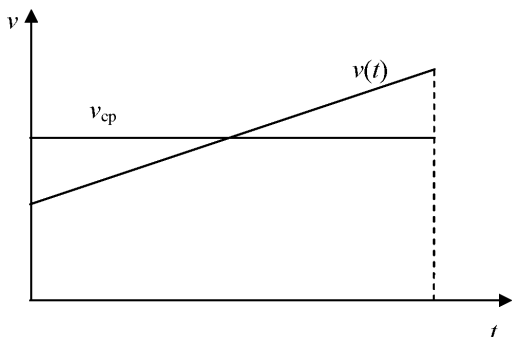


Рис. 3.3. К теореме о средней скорости

Мертонцы проводили другие довольно тонкие рассуждения, касающиеся отстояний того или иного градуса от различных возможных точек отсчета [5, с. 290—294], доказывали соответствующие теоремы, но *не говорили ничего о реальных методах измерения*. В частности, они как будто не видели трудностей, связанных с возможным отсутствием физической аддитивности.

В связи с этим знаток средневековой науки Аннелизе Майер назидательно заметила:

“...Это является как раз весьма существенной чертой схоластического естествознания... считают до того, как могут измерить” [26, с. 281].

Как было показано в гл. 2, эта “существенная черта” была свойственна еще Аристотелю, который в своей теории движения спокойно удваивал или делил пополам *неизвестно что*. Но ее легко обнаружить и в современной науке.

Вспомним, например, как Клод Шеннон ввел понятие количества информации. Он *сначала* потребовал, чтобы количество информации в двух независимых сообщениях было суммой количеств информации в каждом из них, и отсюда уже получил формулу, позволившую (косвенным образом, по статистическим оценкам вероятностей) измерить информацию. Поэтому совершенно прав А. В. Ахутин, возражающий А. Майер следующим образом:

“...Исследование отношений вообще предшествует понятию мерной единицы, которая выделяется как некий всеобщий

измеритель из уже развитой системы отношений. До тех пор, пока этого не сделано, конструирование объекта возможного измерения и соответствующей процедуры не может вестись иначе, чем в терминах качества, отношения, сопоставления, формирующих понятия тождества и равенства” [26, с. 138].

Правда, следовало бы уточнить: “понятий тождества и равенства” в системе объектов совершенно недостаточно для формирования полноценной измерительной ситуации (напомним о *предизмерительных ситуациях*, которые рассматривались в разд. 1.4); однако для историка Ахутина хороша уже и такая не вполне точная формулировка.

Чрезвычайно интересным представляется вопрос о том, каким виделось мертономцам соотношение между *количествами*, с одной стороны, и *степенями качеств* (интенсивностями) — с другой. С этой точки зрения важна следующая мысль Свайнсхеда:

“Если некоторое количество больше отличается от нуля (*quanto*), чем другое количество, то оно называется бóльшим; отсюда точно так же, если нечто дальше отстоит от не-градуса своей интенсивности, то оно называется более интенсивным” [5, с. 293].

Здесь ясно выражена *аналогия* (а следовательно, *различие?*): то *нечто*, которое характеризуется интенсивностью, ведет себя похоже на *количество* (которое представляет собой либо конечное множество, либо экстенсивную величину), но всё же, видимо, чем-то отличается от количества.

Вместе с тем в работах мертонцев можно найти и утверждения о соподчинении этих понятий, например: “Всякая широта есть некое количество” [Там же, с. 325]. Таким образом, создается впечатление, что мертонцы колебались в вопросе о соотношении понятий экстенсивных и интенсивных свойств — между ними должна быть то ли только аналогия, то ли общность.

Методологическое прерывание 3.5.

Об экстенсивных и интенсивных величинах

Из разных значений слова *интенсивность* рассмотрим вначале то значение, которое ему придал гениальный физик Александр Александрович Фридман (1888—1925) в небольшой, но содержательной книге [31].

Прежде чем приступить к изложению основного материала этой книги, А. А. Фридман заметил:

“В вопросе измерения, столь простом по существу, замечается значительная недоговоренность во многих курсах механики и физики, ставших классическими” [31, с. 16].

Поэтому он поместил в начале книги краткий набросок теории измерений, по основным идеям близкий к той теории, которая сейчас называется *репрезентационной*, поскольку описывает репрезентацию (т. е. представление) свойств реальных объектов числами. Не будем сейчас отвлекаться на обсуждение вопроса о том, действительно ли измерение так просто, а если да, то почему же “замечается значительная недоговоренность”, — ведь здесь нам нужно только выяснить, какое место в его теории занимает понятие *интенсивность*.

Фридман начинает с введения понятия *арифметизация*, под которым он понимает введение однозначного соответствия между свойствами объектов материального мира, принадлежащими некоторому классу, и числами (или, может быть, парами, тройками и другими сочетаниями чисел). *Интенсивностями* он называет такие свойства, к которым можно применить понятие *больше* или *меньше*; соответственно арифметизация, при которой большей интенсивности ставится в соответствие большее число, — это, по Фридману, *оценка*.

Если можно установить понятие о трех равноотстоящих интенсивностях A_1, A_2, A_3 (A_1 настолько меньше A_2 , насколько A_2 меньше A_3) и далее приписать им равноотстоящие числа, то такие интенсивности Фридман называет *измеримыми*, а такую оценку *измерением*.

В качестве примеров интенсивностей Фридман приводит “степень познания учащихся” и цвет монохроматического луча (полагая, что бóльшим можно назвать цвет луча, имеющего бóльшую длину волны). Его примеры измеримых “с самого начала” (по исходному определению) интенсивностей — это объем материального тела или длина отрезка прямой.

Как видно, по Фридману, *все физические величины* (но не только они!) являются интенсивностями. В частности, заведомо — “с самого начала” — измеримыми интенсивностями являются те

величины, которые, как это будет обсуждено ниже, мы привыкли называть экстенсивными.

Через 27 лет после книги [31] появилась книга выдающегося советского метролога Михаила Федосеевича Маликова [32]. В ней тоже встречается понятие интенсивности, но оно введено иначе. Если Фридман старался придать изложению аксиоматическую форму, то Маликов действует эвристически, опираясь на опыт, и начинает с того, что “в понятие о величине входит понятие больше или меньше”.

Далее он пишет:

“Существуют величины, с понятием о которых связывается двойственность оценки... С понятием о времени связано два сопряженных понятия: о моменте и о длительности... Мы не можем утверждать о моментах двух событий, что один момент больше или меньше другого, к ним применимы лишь понятия: раньше или позже. В силу ряда причин мы привыкли при числовой оценке связывать более поздние моменты с возрастающими числами...”

Сходный пример сопряженных понятий представляет положение точки на прямой и расстояние...

Будем для определенности называть первые из сопряженных понятий *интенсивностями*, а вторые — *интервалами*, т. е. назовем интенсивностью свойство, которое становится измеримой величиной лишь при наличии определенных условий, а интервалом — свойство, имеющее все признаки безусловно измеримой величины” [Там же, с. 21–22].

Книга Маликова считается классической; многие ее положения и сейчас не потеряли своей значимости. Однако понятие интенсивности по Маликову не только не привилось, но и просто было забыто. Практически не используется и обобщающее понятие интенсивности по Фридману.

Лучше сохранилась (хотя и считается устаревшей) другая система понятий, включающая в себя представление об интенсивности. Имеется в виду классификация физических величин на *экстенсивные* и *интенсивные*. Ее истоки автору данной работы неизвестны. По-своему изложил принципы этой классификации известный физик Арнольд Зоммерфельд (1868–1951) в работе [33]:

«В отношении к способу выбора независимых переменных заключается определенное, если даже не решающее, различие

между математическими и физическими применениями. В физике мы говорим об *интенсивных и экстенсивных величинах*. Первые отвечают на вопрос “как сильно”, последние — “как много”. Первые имеют характер силы и могут рассматриваться как причина происшедшего события; вторые являются количествами, описывающими действие первых. Для газа давление является интенсивной величиной, соответствующий объем газа — экстенсивной... В случае электрических явлений нет сомнения, что напряжение является своеобразным действием, т. е. интенсивной величиной, тогда как сила тока есть количество, т. е. экстенсивная величина».

В противоположность Арнольду Зоммерфельду наш современник Константин Константинович Гомоюнов резко выступил против представления о том, что напряжение есть причина тока: «Физические величины “сила тока” и “напряжение” абсолютно равноправны» [34, с. 129].

И это не просто заявление. Гомоюнов подкрепил его примерами технических устройств, в которых первичным процессом (причиной) является перемещение заряженных частиц, т. е. ток, а напряжение получается вследствие этого перемещения.

Для того чтобы придать рассматриваемому вопросу еще более дискуссионный характер, отметим одну принципиальную неправильность во фразе Зоммерфельда “[интенсивные величины] имеют характер силы и могут рассматриваться как причина происшедшего события”.

Дело в том, что *физические (или иные) величины не могут быть причинами чего-либо*. Величины только *описывают* тела и процессы, но они не являются сущностями, которые могут действовать или подвергаться действиям. Этот вопрос уже затрагивался в методологическом прерывании 1.5.

Если же в каком-либо тексте величина действует или подвергается действию, то это можно объяснить двумя причинами.

Во-первых, возможно, что в этом тексте проявляется *категориальная неоднозначность терминов*. Например, несколькими строчками выше было написано: “...перемещение заряженных частиц, т. е. ток”. Здесь термин *ток* обозначает не величину, а физический процесс; при поверхностном чтении это может остаться незамеченным.

Во-вторых, возможно, что автор текста использует условное общепринятое, хотя и принципиально неправильное выражение — именно это обсуждалось в методологическом прерывании 1.5.

Например, в метрологии принято говорить о “влияющих величинах”, т. е. о таких величинах, которые, вообще говоря, не подлежат измерению, но рассматриваются как *причины* специфических погрешностей (например, “погрешности от температуры”).

Температура как физическая величина не может быть причиной погрешности! Более правильным было бы выражение “погрешность от изменения молекулярного движения, характеризуемого температурой”, но оно слишком громоздко, и никто так не говорит.

Возвращаясь к тексту А. Зоммерфельда, можно, в качестве примера, взять одно из его выражений — “напряжение является своеобразным действием, т. е. интенсивной величиной, тогда как сила тока есть количество, т. е. экстенсивная величина” — и тоже перефразировать его так, чтобы *действовали* не величины, а материальные объекты:

“В большинстве случаев электрическое поле действует как причина движения заряженных частиц, и тогда напряжение, характеризующее поле, можно считать интенсивной величиной, а силу тока, характеризующую движение частиц — экстенсивной величиной”.

Возможно, при этой перефразировке изложение стало принципиально более правильным, но основная мысль Зоммерфельда явно потерялась.

Теперь пора вспомнить о другом принципе классификации величин на экстенсивные и интенсивные — о том принципе, которым мы по сути уже пользовались перед входом в это методологическое прерывание. Напомним: там обсуждался вопрос о том, как виделось мертонцам соотношение между *количествами*, с одной стороны, и *степенями качеств* — с другой. Напрашивается сопоставление количеств с экстенсивными величинами, а степеней качеств — с интенсивными величинами.

Ограничиваясь непрерывными измеримыми количествами и обратившись снова к Аристотелю (см. разд. 2.5), можно ви-

деть, что под этими количествами понимались главным образом величины, характеризующие *пространственно-временную протяженность* тел и процессов. Действительно, эти величины можно с полным правом называть экстенсивными; они явно соответствуют вопросу А. Зоммерфельда “как много?” (но в то же время совсем не обязательно описывают результат действия некоторых “интенсивных” по Зоммерфельду причин — достаточно привести в качестве примера такую экстенсивную величину, как *площадь*).

Что касается качеств, то Аристотель был склонен указывать их в виде перечней парных противоположностей. Таков, например, перечень из седьмой книги “Физики” (см. разд. 2.5): “...тяжесть, легкость, твердость, мягкость, звучность, беззвучность, белизна, чернота, сладость, горечь, влажность, сухость, плотность, разреженность и промежуточные между этими... также теплота и холод, гладкость и шероховатость”.

Здесь, по-видимому, под тяжестью и легкостью понимается не *количество материи* по Ньютону (его хотелось бы, по признаку “как много?”, причислить к экстенсивным величинам), а просто свойство тяжелого камня падать вниз, а легкого огня подниматься вверх.

Очевидно, что большинству перечисленных качеств соответствуют величины, не являющиеся экстенсивными, а противоположность экстенсивности — это интенсивность. Вместе с тем почти все качества из перечня Аристотеля никак нельзя назвать “действиями” по Зоммерфельду, и им не соответствует вопрос “как сильно?”.

Возможен и третий подход к экстенсивности и интенсивности величин. Представляется очевидным, что экстенсивные величины должны обязательно обладать *физической аддитивностью*. Это означает, что на множестве физических объектов должна существовать такая операция объединения, при которой значение физически аддитивной величины для объединенного объекта является суммой значений той же величины для объединяемых объектов.

Напротив, физически неаддитивные величины (для которых такая операция объединения не найдена) не могут быть экстенсивными и их следует причислить к интенсивным.

Возникает соблазн отождествить физическую аддитивность с экстенсивностью, а физическую неаддитивность с интенсивностью.

При этом, между прочим, и электрический ток, и напряжение, и сопротивление, будучи физически аддитивными, попадут в класс экстенсивных величин.

По-видимому, из всего сказанного можно сделать лишь такой вывод: не следует без особой необходимости употреблять термины *экстенсивная величина* и *интенсивная величина*, а если они потребуются, желательно пояснить, в каком значении они используются.

Более однозначными являются термины *физически аддитивная величина* и *физически неаддитивная величина*.

Возврат из прерывания 3.5.

Как бы то ни было, средневековая теория *интенсии* и *ремиссии качеств* стала большим шагом вперед по сравнению с физикой Аристотеля именно потому, что она внесла в представление о промежуточных степенях качеств отсутствовавший у Аристотеля количественный, измерительный оттенок. Ведь, как уже было сказано, Аристотель, рассматривая пары противоположностей: теплое ↔ холодное, сухое ↔ влажное, тяжелое ↔ легкое и т. д., отвергал саму возможность градуировки промежутков между ними.

Правда, деятели XIV века оставили и такие высказывания, которые заставляют думать, что эти промежутки они представляли себе совсем не так, как мы. Приведем слова Альберта Саксонского (о нем будет сказано ниже):

“Если есть некоторое тело, имеющее четыре степени [т. е. градуса?] тяжести и две степени легкости, то когда это тело будет опускаться, две степени легкости будут сопротивляться четырем степеням тяжести, так как они стремятся к противоположному движению, именно вверх” [5, с. 267].

Здесь тяжелое и легкое предстают не как противоположные границы *одного и того же* качества, но как два *различных* качества, способных присутствовать в одном теле независимо друг от друга. Представляется, что Аристотель все же мыслил иначе, в противном случае он не говорил бы о “промежуточных” степенях качеств.

Перейдем теперь к Николаю Орему, который вошел в историю науки прежде всего как провозвестник графического (в прямоугольных координатах) представления процессов. Его трак-

тат “О конфигурации качеств” [30] начинается замечательными словами:

“Всякая вещь, поддающаяся измерению, за исключением чисел, воображается в виде непрерывной величины. Следовательно, для ее измерения нужно воображать точки, линии и поверхности или их свойства; в них, как утверждает Аристотель, первично обнаруживается мера или отношение, в прочих же предметах эта мера или отношение познается посредством аналогии...”

Н. Орем откладывал *экстенсивность* одномерного качества (например, время движения) вдоль прямой линии, а его *интенсивность* (например, скорость движения) изображал последовательностью отрезков соответствующей длины, перпендикулярных к линии экстенсивности, “в виде таких линий, которые примыкают к предмету и поставлены отвесно к нему” [Там же, с. 42]. Концы этих отрезков образовывали некоторую линию (рис. 3.4). Аналогично Орем рассматривал качества, распределенные в двух (и даже, с некоторыми оговорками, в трех!) измерениях. Это еще не декартова система координат, но нечто очень близкое к ней.

Примечательно, что для Орема “интенсивность более явна, более, так сказать, осязательна и первична для нашего познания, нежели экстенсивность (а может быть, первичнее и по своей природе)” [Там же, с. 45].

Скорость движения, хотя и считалась интенсивностью (по А. Зоммерфельду, она является скорее экстенсивной величиной), физически аддитивна, что облегчало рассуждения и придавало им ясный физический смысл.

Орем рассматривал равномерность (однородность) или дифформность (неоднородность) качеств как во времени, так и в пространстве. Огромное количество в его трактате рисунков, изображающих самые различные (в том числе невозможные) “конфигурации качеств”, создает впечатление, что графический способ описания отнюдь не рассматривался им только как некий формализм. По-видимому, для него была важна *качественная сторона* рассматриваемых конфигураций — то, на что мы сейчас склонны не обращать внимания (хотя, например, в теории колебаний качественный подход к семейству траекторий на фазовой плоскости фактически играет решающую роль).

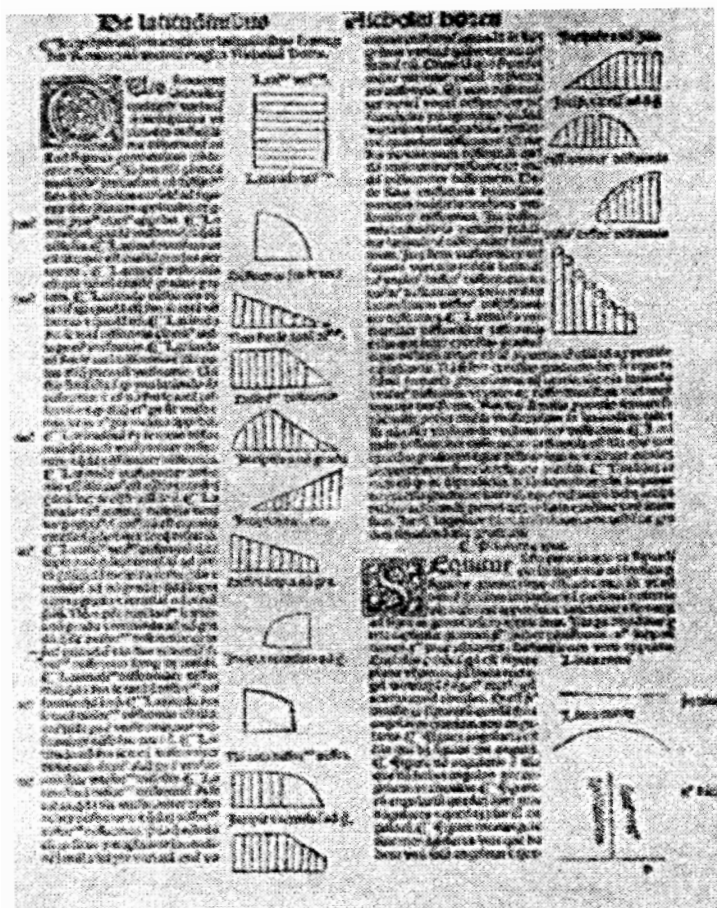


Рис. 3.4. Первая страница трактата Н. Орема
(венетское издание 1505 г.) [30]

К сожалению, В. П. Зубов опубликовал перевод лишь части трактата Н. Орема, опустив то, что представлялось ему менее интересным с современной математической точки зрения (правда, сохранив заголовки опущенных глав). Поэтому по изданному тексту трудно судить о качественной и эстетической сторонах рассуждений Орема.

В качестве примера приведем несколько заголовков глав, *не переведенных* Зубовым: “О красоте конфигураций качества в абсолютном смысле и ее совершенстве” (гл. 26 ч. I); “О дифформности познавательных способностей” (гл. 31 ч. I); “О природе и дифформности звуков” (гл. 15 ч. II); “Удостоверение в том, что музыка будет существовать в будущем веке” (гл. 24 ч. II).

Интересны рассуждения Орема о делимости движения, приводящие к выводу о его двоякой экстенсивности:

“Итак, движение имеет двоякую экстенсивность (во-первых, предметную, или присущую предмету, во-вторых — временную) и одну интенсивность. Обе экстенсивности можно вообразить как бы пересекающимися под прямым углом в виде креста так, что экстенсивность длительности можно будет назвать длиной, а экстенсивность предметную или присущую предмету — шириною, тогда как интенсивность может быть названа высотой этого движения (или скорости)” [30, с. 82].

Если перевести это на современный язык, получится, что скорость рассматривается как функция двух переменных.

Из других своеобразных мыслей этого философа отметим проводимое им различие между скоростью приобретения качества и скоростью возрастания, которая определяется из отношения “между величиной в начале движения и воображаемой величиной в конце его... В результате одно движущееся тело иногда быстрее приобретает величину, нежели другое, и тем не менее возрастает медленнее, так, например, большое дерево, вырастающее в день на два пальца, и малое дерево, возрастающее на один палец” [Там же, с. 88].

Эта простая мысль о том, что движение может характеризоваться *различными величинами*, по-видимому, не приходила в голову в XVIII веке ученым, спорившим о том, какая мера “живой силы” движения правильнее: mv или mv^2 .

Наконец, перейдем к третьему важному научному направлению XIV века — *учению об импетусе*.

Напомним: как было сказано в разд. 2.5, Аристотель объяснял движение брошенного камня или выпущенной из лука стрелы тем, что воздух, расступаясь перед летящим предметом, обтекает его и подталкивает сзади. Там же упоминался Иоанн Филопон

(конец V — начало VI в.), который, не соглашаясь с Аристотелем, полагал, что брошенному телу передается некая *бестелесная движущая способность*. Вспомним также учение Ибн-Сины о том, что в брошенном теле имеется склонность (*майл*) к движению, проявляющаяся как сопротивление при попытке остановить его.

В наиболее отчетливой форме эти идеи сформулировал **Жан Буридан** (около 1300—1358), профессор и ректор Парижского университета, разработавший учение об *импетусе*. К научной школе Жана Буридана принадлежал упомянутый выше Николай Орем, а также **Альберт Саксонский** (около 1316—1390), тоже ректор Парижского университета, а с 1365 года первый ректор Венского университета, и **Марсилиус Ингенский** (1330—1396), или **Марсилиус Инген**, как его называет В. П. Зубов, немец по происхождению, ректор Парижского университета, а затем первый ректор основанного в 1386 году Гейдельбергского университета.

Подобно Филопону, Буридан считал, что в брошенном теле запечатлевается некоторая движущая сила — *импетус*, которая постепенно ослабевает вследствие сопротивления воздуха. Новым у Буридана, помимо термина *импетус*, были утверждения *количественного характера*: чем быстрее движение брошенного тела, тем сильнее импетус; чем больше материи в брошенном теле, тем больше интенсивность импетуса.

В соответствующей цитате, приведенной В. П. Гайденоко и Г. А. Смирновым, замечательны следующие фразы: “В плотном и тяжелом теле, при равенстве всего остального, больше первой материи, чем в разреженном и легком теле. Следовательно, плотное и тяжелое тело получает бо́льший и более интенсивный импетус” [5, с. 274].

Заметим, что в последних словах этой цитаты объединены экстенсивность (бо́льший импетус) и интенсивность (более интенсивный импетус).

С точки зрения истории информационной сферы здесь важен подход, приближение к понятиям новых величин — массы и количества движения. Действительно, от слов Ж. Буридана, казалось бы, рукой подать до известных определений И. Ньютона: “Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее... Количество движения

есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе”. По-видимому, Ньютон был знаком с понятием импульса — иначе ему было бы незачем при определении понятия силы, приложенной к телу, делать оговорку, что эта сила “*по прекращении действия в теле не остается*”.

Таким образом, при желании модернизировать высказывания Ж. Буридана можно было бы утверждать, что именно он ввел новое понятие количества движения как физической величины, пропорциональной скорости движения и количеству “первой материи” в движущемся теле, т. е. в массе тела.

Конечно, такая модернизация неправомерна, так как Буридан ничего не говорит об *измерении* “первой материи” и импульса. Это — особенность всей средневековой “физики”, и она отнюдь не сводится к отсутствию *единиц измерения*, как часто утверждают историки науки. Ведь, вообще говоря, можно определить величину и описать методы ее измерения и не вводя конкретных единиц, но у средневековых ученых как в Оксфорде, так и в Париже не было именно *методов измерений* предполагавшихся новых величин.

Итак, ученые XIV века, *не обращаясь к реальным измерениям*, подготовили многие измерительные понятия для физики XVI–XVII веков.

Среди других замечательных достижений науки XIV века отметим труд немецкого автора *Теодорика* (или Дитриха) *из Фрейбурга*, родившегося в 1311 году, о *радуге*. Вот как характеризует содержание этого труда Я. Г. Дорфман:

“В нем он [Теодорик] на основании собственных экспериментов с преломлением света в сферических сосудах с водой развил теорию радуги, впервые учитывая отражение света на внутренней поверхности сферы. Он воспроизвел, таким образом, на опыте как первичную, так и вторичную радуги и впервые получил спектр при преломлении света в шестигранных кристаллах” [17, с. 110].

Создателем полной теории радуги считается Рене Декарт (1596–1650), который тоже экспериментировал со сферическими сосудами. Получается, что методику эксперимента он заимствовал у Теодорика! Вот насколько близко подошла наука XIV века к физике Нового времени!

3.8. Новые веяния в Западной Европе XV века

XV век — *кватроченто* по-итальянски — с точки зрения истории культуры есть эпоха более зрелого Возрождения. С позиций истории информационной сферы этот век характеризуется несколькими знаменательными событиями.

Важнейшим событием явилось уже упоминавшееся изобретение книгопечатания (около 1440 г.), резко расширившее возможности информационного обмена. Примерно в это же время в Европе стало развиваться искусство гравирования (европейская гравюра на дереве несколько старше книгопечатания, а резцовая гравюра на металле несколько моложе).

Другое событие сходного характера — возникновение в Италии зачатков новых форм организации науки — содружеств образованных людей, получивших по античному образцу название *академий*: в 1438 году была создана Accademia Platonica. Первые академии были литературными; естественнонаучные академии начали появляться только в следующем столетии.

Методологическое прерывание 3.6.

Книгопечатание и манипуляция сознанием

Манипуляция сознанием — это некоторый класс информационных технологий, назначением которых является навязывание широкому кругу людей таких мнений или даже убеждений, которые люди воспринимают как свои собственные, хотя эти мнения или убеждения зачастую заставляют людей действовать во вред себе.

Манипуляция сознанием, выросшая из рекламного дела, стала широко использоваться во второй половине XX века, когда радио и телевидение в развитых странах вошли в каждый дом. Но до этого основным средством воздействия на массы людей была печать (сумевшая добиться большей эффективности, чем, скажем, существовавшие до изобретения книгопечатания церковные проповеди), и можно полагать, что с возникновением книгопечатания и искусства гравирования возникли предпосылки для появления *зачатков* манипуляции сознанием с помощью технических средств.

Сергей Георгиевич Кара-Мурза, посвятивший манипуляции сознанием две толстые книги, пишет в более поздней и менее объ-

емной книге об одной из манипуляционных технологий — технологии страха:

«Технология страха стала разрабатываться с XI века... В XV веке страх стал важным продуктом культуры. Печатный станок сделал гравюру доступной всем жителям Европы, и изображение “Пляски смерти” пришло в каждый дом» [35, с. 193–194].

Конечно, нельзя понимать это высказывание слишком упрощенно. Ничего похожего на современные манипуляционные технологии в XV веке не могло быть. Вместе с тем следует признать, что книгопечатание, будучи важнейшим прорывом в информационных технологиях, сразу же проявило, пока не очень заметно, отрицательную сторону.

Заметим еще, что вскоре после изобретения книгопечатания возникла и *предварительная цензура*. До этого рукописную книгу могли осудить и даже сжечь, но это происходило после ее распространения. Теперь цензура получала право не допускать книгу к печати.

Довольно подробно, с приведением текстов документов, рассмотрена история возникновения цензуры в книге А. Радищева “Путешествие из Петербурга в Москву”, глава “Торжок”. Первое известное “дозволение на печатание книги”, данное в Венеции, Радищев датирует 1479 годом; первое официальное назначение цензоров (отдельно для богословия, законоучения, врачебной науки и словесности) он находит в Майнце в 1486 году.

Правда, эти цензоры должны были просматривать только немецкие переводы на предмет верности оригиналу; тем не менее начало было положено. Цензура не могла не стать средством идеологического воздействия на информационные технологии.

Возврат из прерывания 3.6.

Как уже было сказано, в 1453 году прекратила существовать Византия, завоеванная турками, и Западная Европа получила еще один (по-видимому, не самый сильный) информационный импульс вместе с бежавшими от турок византийскими учеными.

Наверное, и открытие Америки (1492 г.) можно связать с историей информационной сферы — с одной стороны, плавание Колумба было бы невозможным без информационного обеспечения,

а с другой стороны, оно дало начало огромному потоку новой для Западной Европы информации.

Вместе с тем переход от XIV века к XV производит впечатление какого-то “разрыва непрерывности”. Может быть, это объясняется теми процессами, которые историк философии О. В. Трахтенберг отметил применительно к Парижскому университету:

«Начиная с 80-х годов XIV в. резко усиливаются бедствия, вызываемые “Столетней войной” (1337–1453) и феодальными усобицами. Слабые ростки новых идей, предвосхищающих гуманизм и Возрождение, быстро блекнут. Феодальная реакция надолго воцаряется во Франции, в частности, постепенно сходят на нет “права и вольности” университета» [2, с. 222].

Иначе, со своих позиций, обрисовывает обстановку в Западной Европе того времени историк математики Д. Я. Стройк:

«Математика развивалась главным образом в растущих торговых городах, под непосредственным влиянием торговли, навигации, астрономии и землемерия. Горожан интересовал счет, арифметика, вычисления. Зомбарт [автор книги “Буржуа”, изданной в Германии в 1913 г. и вышедшей в русском переводе в 1924 г.] окрестил эту заинтересованность бюргерства пятнадцатого и шестнадцатого столетий немецким словом *Rechenhaftigkeit* [расчетолюбие]» [6, с. 111].

Как мы видели выше, в разд. 3.5, некоторые элементы “расчетолюбия” обнаруживались в Германии уже во второй половине XIII века (например, в проповедях Бертольда Регенсбургского). И возросший интерес к прикладной математике в торговых городах XV века вполне мог совмещаться с упадком схоластической науки в университетах того времени.

Итак, в XV веке ни Парижский, ни Оксфордский университеты уже не играют исключительной, определяющей роли в развитии науки.

Из выдающихся деятелей этого века упомянем, в хронологическом порядке дат рождения, выдающегося философа Николая Кузанского (1401–1464), архитектора, писателя и инженера Леона Баттисту Альберти (1404–1472), математика и астронома Региомонтана (1436–1476), математика Луку Пачоли (около 1450–1520) и, наконец, Леонардо да Винчи (1452–1519). Расцвет деятельности

более молодых Альбрехта Дюрера (1471–1528) и Николая Коперника (1473–1543) относится уже к следующему веку.

Николай Кузанский (рис. 3.5) родился — в первом году нового века! — в Кузе (Южная Германия). Его и называют обычно по месту рождения, редко вспоминая настоящее имя *Николай Кребс*. Он учился в Гейдельбергском университете, затем поступил в школу церковного права в Падуе, где познакомился с математиком и астрономом Паоло Тосканелли (1377–1446). Вернувшись на родину, он в 1426 году поступил секретарем к папскому легату в Германии кардиналу Орсини, затем стал

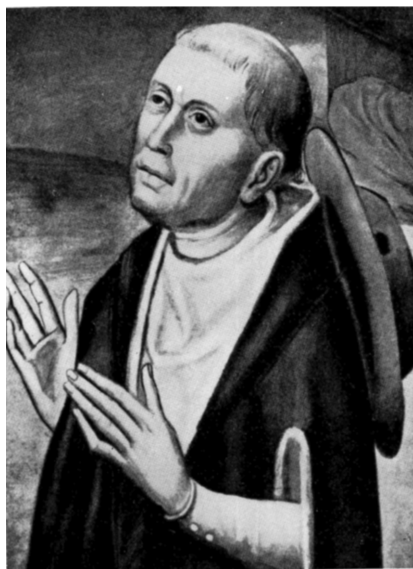


Рис. 3.5. Николай Кузанский [36]

настоятелем церкви в Кобленце. После этого, поступив на службу в папскую курию, он вел переговоры в Византии о возможном объединении церквей, при этом познакомился с видными учеными-неоплатониками и собрал ценные греческие рукописи.

В 1448 году Николай получил звание кардинала, а в 1450 году стал папским легатом в Германии. В 1458 году он вернулся в Рим, где продолжил активную деятельность в качестве генерального викария. В Италии он и умер в 1464 году [36].

Такая сложная, насыщенная жизнь не помешала Николаю Кузанскому обдумать и написать целый ряд выдающихся философских произведений. В 1440 году появилась первая его философская книга “Об ученом незнании”. Идеи, содержащиеся в этой книге, он развивал во многих последующих трудах.

Вкратце основную мысль этой книги можно передать так: Бог есть *абсолютный максимум* (совпадающий с *абсолютным минимумом*); между ним и конечными вещами, которые только и может познавать человек, лежит пропасть.

Ученое незнание состоит именно в том, чтобы глубоко осознать эту пропасть и согласиться с непознаваемостью божественной бесконечности. Для лучшего понимания “несоизмеримости” конечного и бесконечного Николай привлекает математические примеры, в частности окружность с бесконечно возрастающим радиусом, которая “в бесконечности” оказывается прямой линией.

Отметим, что в этой теории Николай в значительной степени опирался на идеи Псевдо-Дионисия (неизвестный автор V в., труды которого приписывались Дионисию Ареопагиту, жившему в I в.). В краткой передаче нашего современника А. В. Ахутина эти идеи звучат так: “Бог велик, превосходит любую меру, и мал, ускользает от любого измерения и составляет основу любого тончайшего различия” [26, с. 114].

Правда, у современных историков можно найти мнение, что идея Бога как максимума и одновременно минимума принадлежит Тьерри Шартрскому, но, во-первых, этот философ жил намного позже Псевдо-Дионисия, а во-вторых, ссылок на него в трактате Кузанца нет.

Первые же страницы трактата “Об ученом незнании” содержат фрагменты, удивительные по глубине и содержательности:

“...Все исследователи судят о неизвестном путем соразмеряющего [proportionabiliter, буквально: пропорционирующего] сравнения с чем-то уже знакомым... Соразмерность, означая вместе и сходство в чем-то общем и различие, не может быть понята помимо числа... Причем число состоит не только в количестве, образующем пропорцию, но и в любом другом субстанциальном или акцидентальном сходстве или различии” [36, с. 50–51].

Первая мысль этого гениального текста состоит в том, что всякое познание есть *сравнение с чем-то известным*. Но это не просто сравнение двух одинаковых или сходных вещей или явлений, а соразмеряющее, пропорционирующее сравнение: сравниваемые объекты могут иметь (по крайней мере) различный масштаб, а возможно, и другие различия. *Если бы мы сравнивали только одинаковые вещи, то никогда не могли бы обнаружить новое.*

Вспомним теперь классическое определение измерения, данное Михаилом Федосеевичем Маликовым в [32]:

«Измерением мы называем познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной ве-

личины с некоторым ее значением [термин “значение” имеет здесь особый, физический смысл], принятым за единицу сравнения».

Но как же можно сравнить, например, рост человека 175 см с единицей, равной метру? *Элементарное сравнение*, отвечающее (в данном случае) на вопрос “больше или меньше?”, очевидно, не есть измерение. Последнее должно представлять собой именно *пропорционирующее сравнение*.

Таким образом, философ XV века Николай Кузанский дал формулировку и более общую (относящуюся к *познанию* как обобщенному измерению), и одновременно более точную, чем выдающийся метролог XX века Михаил Федосеевич Маликов, не говоря уже о других авторах.

Двигаясь дальше по приведенной выше цитате из Николая Кузанского, видим слова: “Соразмерность, означая вместе и сходство в чем-то общем и различие...”

Опять-таки, сужая это очень общее положение на измерительную технику (как важную часть информационной сферы), находим почти буквальное совпадение его с текстом другого выдающегося современного метролога — Константина Павловича Широкова (из ГОСТ 16263–70):

“Величина — свойство, *общее* в качественном отношении многим физическим объектам... но в количественном отношении *индивидуальное* (курсив мой. — В. К.) для каждого объекта”.

Это определение уже цитировалось в методологическом прерывании 2.3, но здесь оно еще раз повторено с изменением акцентов, чтобы легче было сопоставить его со словами Николая Кузанского.

Можно и в более общем плане обсудить эти слова о соразмерности, вспомнив приведенную в разд. 1.4 мысль Софьи Александровны Яновской:

“Для того чтобы выделить в чистом виде отношение между вещами, нельзя просто отбросить эти вещи, а нужно сделать их переменными. Если бы мы не умели изменять мир, мы не могли бы познавать его”.

Здесь тоже говорится о том, что, с одной стороны, для познания необходимо *различие* между вещами — их изменение, но вместе с тем, с другой стороны, “отношение между вещами” подразумевает некоторую их *общность*.

Далее у Николая Кузанского фраза о соразмерности продолжается: “...не может быть понята помимо числа”. Эту мысль можно представить как очередной призыв к математизации, но ведь Кузанец говорит здесь о *понимании* соразмерности! Предоставим читателю возможность самостоятельно обдумать сказанное.

И наконец, “число состоит не только в количестве, образующем пропорцию, но и в любом другом субстанциальном или акцидентальном сходстве или различии”.

Эта замечательная формулировка перекликается с идеями современной *репрезентационной теории*, которые с таким трудом вырабатывались учеными конца XIX и начала XX века. В частности, мысль о *различных свойствах чисел*, приписываемых объектам в ходе познавательных процедур (и совсем не обязательно способных “образовать пропорцию”!), была, по-видимому, впервые выдвинута и подробно обсуждена только Н. Р. Кемпбеллом [37].

В рамках репрезентационной теории (очень краткое изложение ее важнейших идей можно найти, например, в [38]) приписывание объектам чисел, способных образовывать пропорции, означает применение “пропорциональной шкалы”, но в этой теории рассматриваются и другие шкалы, в которых числам *приходится* иметь более бедный набор свойств. В частности, в шкале классификации одно и то же число приписывается объектам, *сходным* в каком-либо отношении, а шкала порядка основана на *различиях* в степени проявления некоторого свойства — и получается, что Кузанец это предусмотрел!

Заметим еще, что “*субстанциальные различия*” и “*акцидентальные различия*” примерно соответствуют *экстенсивным* и *интенсивным* величинам, о которых говорилось в методологическом прерывании 3.5.

Одна из важных “метрологических” идей Николая Кузанского состоит в том, что при сравнении конечных вещей недостижимо точное равенство. В частности, “мера и измеренное при любом их равенстве тоже всегда останутся разными” [36, с. 53]. Эта мысль подробно развита в гл. 1 второй книги трактата “Об ученом незнании” [Там же, с. 96–97].

Но вместе с тем Николай утверждает, что “любое неравенство разрешается в равенство... если отнимешь избыток, обнаружит-

ся равенство... значит, равенство по природе предшествует неравенству” [36, с. 59]. Это рассуждение ведет к построению *триады*, в которой единство, равенство и связь между ними “суть одно”. Эта триада отдаленно напоминает гегелевскую триаду тезис—антитезис—синтез.

Вообще в философии Кузанца можно найти много элементов диалектики — напомним хотя бы мысль о совпадении противоположностей (абсолютного максимума и абсолютного минимума).

Упомянем еще одну мысль Николая Кузанского, неоднократно повторяемую в его сочинениях: мерой конечных вещей является максимум, т. е. *бесконечное*, причем понимаемая таким образом мера оказывается *неделимой* (как и мера у Аристотеля). Например, в трактате “Об ученом незнании” он пишет: “...всё измеряемое находится между максимумом и минимумом, так что бесконечная сущность есть вернейшая и точнейшая мера всего” [Там же, с. 73], и еще раз: “...у субстанции и у акциденции есть одна точнейшая мера, сам простейший максимум” [Там же, с. 77].

Не случайно современный философ, исследовавший понятия максимума и минимума [39], с большим пиететом сослался на Николая Кузанского и тоже связал эти понятия с категорией меры (правда, в гегелевском смысле).

Вообще говоря, идею максимума и одновременно минимума в роли меры (в прикладном плане) можно найти еще у Аристотеля, который в книге 10 “Метафизики” писал: “Движение измеряют простым и *наиболее быстрым* движением, так как оно занимает *наименьшее время* (курсив мой. — В. К.)”.

Напомним, что в наше время в качестве эталона скорости фактически выступает не “движение неба”, как у Аристотеля, а скорость света, через которую связываются единицы длины и времени. Это действительно есть “наиболее быстрое движение” и “абсолютный максимум”! Упомянем и о других своеобразных мерах-максимумах — естественных единицах ограниченных величин и параметров: о единице плоского угла, равной 360° , о единице коэффициента полезного действия 100 % и т. п.

Правда, у Николая из Кузы идея максимума как меры, вероятно, восходит не столько к Аристотелю, сколько к развитому в средневековой теологии учению о *степенях совершенства*,

которое обсуждалось выше (в разд. 3.5) в связи с принадлежащим Фоме Аквинскому доказательством бытия Бога “от различных степеней, которые обнаруживаются в вещах”.

Вопросы теории познания затрагиваются и в других трудах Николая Кузанского. Историки любят цитировать его слова из позднего трактата “Берилл” (имеется в виду оптический кристалл, позволяющий лучше видеть, в данном случае — лучше понять ранее высказанные мысли философа): *Познание есть измерение*.

Но эти слова многое теряют из-за того, что они вырваны из контекста. Действительная мысль Кузанца значительно глубже:

“А как происходит познание через идеи отдельных чувств... и каким образом интеллект наполнен умпостигаемыми формами, хотя он единая простая форма, ты поймешь, заметив, что зрение свертывает в себе формы всего видимого и что поэтому оно и распознает их... То же интеллект, чья форма есть простота всех умпостигаемых форм, которые он познает из собственной природы, когда они обнаженными предстают ему, — и так далее восходя выше к интеллигенциям, которые обладают более пронизывающей простотой формы и всё видят даже без представления в образах” [40, с. 132].

И далее: “Почему чувство не постигает умпостигаемого, а интеллект — интеллигенций, то есть того, что над ним? Потому, что никакое познание не имеет силы в отношении более простого; ведь познание есть измерение, а мера проще, чем измеряемое...”

Встретившийся здесь средневековый термин “интеллигенции” мы оставим без внимания. Отметим прежде всего то, что слова “познание есть измерение” в этом тексте брошены как нечто само собой разумеющееся и не требующее доказательства — как *аксиома*!

Основная мысль второй из приведенных цитат основывается на том, что “познание не имеет силы в отношении более простого”, а это положение доказывается тем, что при измерении мы познаем более сложное (измеряемое) с помощью более простого (меры). В свою очередь, отсюда вытекает, что “умпостигаемое” не только проще того, что познается чувствами, но и выполняет функцию меры при чувственном познании. А что такое “умпостигаемое” в современной трактовке? Это есть не что иное, как *мысленная модель* объекта познания.

Итак, повторим: получается, что мысленная модель объекта играет роль меры при чувственном познании (т. е. она должна *предшествовать* последнему?) и во всяком случае она проще чувственного образа. То, что всякая мысленная модель проще объекта, — это очевидно, а вот необходимость предшествования модели чувственному восприятию совсем не очевидна и даже в какой-то степени напоминает кантовский априоризм. Здесь есть о чем поразмышлять самостоятельно.

Методологическое прерывание 3.7.

Измерение как образцовый познавательный процесс

Внемся снова к словам Николая Кузанского: “...никакое познание не имеет силы в отношении более простого; ведь познание есть измерение, а мера проще, чем измеряемое...” В каком смысле познание есть измерение?

Меньше всего пользы было бы в том случае, если бы мы воспринимали эти слова Кузанца просто как звонкий лозунг (а первое побуждение состоит именно в этом). Ведь сам-то он использует эти слова более рационально — как аргумент в доказательстве.

Представляется, что наиболее плодотворное применение идеи о том, что *познание есть измерение*, состоит в трактовке измерения как своего рода *образцового познавательного процесса*. Собственно, такая трактовка уже встретилась выше, в методологическом прерывании 3.2, где на примере измерения рассматривалась *уровневая структура познавательного процесса*. Действительно, измерение — процесс достаточно наглядный, довольно хорошо изученный, в значительной степени объективный. Но главное заключается в том, что имеется много общего между измерением и любым другим познавательным процессом.

Важнейшие общие черты указал сам Николай. Во-первых, он заявил, что все исследователи судят о неизвестном путем пропорционирующего *сравнивания* с чем-то уже знакомым. Пропорционирующее сравнение в узком смысле свойственно именно измерению: измеряя, мы должны не просто сравнить новый объект с мерой (обнаружить их сходство), а найти пропорцию величин, характеризующих объект и меру, т. е. оценить и их различие. Но Николай говорит обо *всех* исследователях, а значит, понимает пропорционирующее сравнение в более широком смысле — как

определение одновременно сходства и различия *в любом отношении* между новым объектом, явлением или процессом и всем, что было известно раньше.

Во-вторых, Николай Кузанский настаивает на роли *числа* в любом познавательном процессе и тут же оговаривается: число состоит не только в количестве, образующем пропорцию. Что же это за неколичественное число? Если от числа совсем отнять количественное содержание, останется только форма, числовой *знак* (в теории измерений его называют *нумералом*).

Можно утверждать, что всякое знание может быть фиксировано (либо на каком-либо носителе, либо в человеческом мозге) *только в знаковой форме*. И в этом отношении измерение, которое по определению фиксирует получаемое знание в виде числа, оказывается типичным, образцовым познавательным процессом.

Вероятно, можно найти и другие черты, общие у измерения с любыми познавательными процессами.

Возврат из прерывания 3.7.

Непосредственно вопросам познания Николай из Кузы посвятил четыре взаимосвязанных трактата под общим названием “Книги простеца”. В этом месте нужно предупредить читателя: дальнейшее повествование заимствовано из статьи [41].

В этих трактатах ремесленник (“простец”, в оригинале Кузанца — *idiotia*) поучает “ритора” и “философа”, беседуя с ними сначала “о мудрости”, затем “о понятиях”, “об уме” и, наконец, “об опытах с весами”, постепенно спускаясь от абстрактных вопросов теории познания до эмпирии.

В первом же трактате “простец” обращает внимание “ритора” на рынок, где считают деньги, взвешивают товары и отмеряют масло:

“Это суть действия той способности рассудка, в силу которой люди превосходят животных, ибо эти неразумные твари не могут считать, взвешивать и измерять”.

Вот, оказывается, чем люди отличаются от животных — *способностью к счету и измерению!*

Замечательны рассуждения об уме в третьем трактате. Приведем только две короткие, но важные цитаты:

“...Умом (*mens*) является то, от чего возникает граница и мера (*mensura*) всех вещей. Я полагаю, стало быть, что его называют *mens* — от *mensurare*” [36, с. 388].

“Ум делает точку границей линии, линию — границей поверхности, поверхность — границей тела. Он создает число, так что множество и величина — от ума, и поэтому он всё измеряет” [Там же, с. 420].

К этим рассуждениям редактор тома 3. А. Тажуризина дает комментарий: понятие “ум” с “измерением” Николай Кузанский соединяет вслед за Альбертом Великим и Фомой (и она добавляет: “Следовательно, основную функцию ума Кузанец видит в измерении” [Там же, с. 38]). Значит, связь “ума” с “измерением” в средневековой науке была в какой-то степени общепринятой?!

Удивителен последний трактат из “Книг простеца” Николая Кузанского — “Простец об опытах с весами” (другой известный перевод названия — “Простец о статических экспериментах” — больше похож *по виду* на латинский оригинал и чаще встречается в источниках, но менее верен *по смыслу*). В этой беседе с “простецом” участвует только “ритор”, который и начинает ее, с похвалой отозвавшись о весах, “этом как бы мериле справедливости и необходимейшем для человеческого общежития инструменте”. В ответ “простец” разворачивает *целую программу опытов с весами*.

Часть описываемых опытов представляется фантастической, зато другая часть вполне реальна. Николай предлагал, в частности, сравнивать по весу воды разных источников, кровь и мочу людей различного возраста, разных национальностей и разного состояния здоровья, части растений из разных местностей и т. д.; предлагал взвешивать силу магнита, подвергать гидростатическому взвешиванию не только различные материалы, но также человека и животных...

Интересна идея Николая уравновесить на весах ком сухой шерсти и по изменению его веса (из-за впитывания влаги) судить об изменении погоды [Там же, с. 453]. Эту идею (возможно, независимо от Кузанца) реализовал Л. Б. Альберти, построивший в те же годы гигрометр “для определения тяжести и сухости ветров” [Там же, с. 487] — между прочим, это показывает, что уже в то время становились актуальными *метеорологические измерения*.

Но Николай Кузанский в своей экспериментальной программе идет дальше ее физически выполнимой части:

“...Привязанность и вражду животных одинакового вида, людей, их нравы и всё подобное можно взвесить на основе гармонических созвучий и дисгармонических диссонансов. Здоровье человека тоже взвешивается как некоторая гармония; так и болезнь; точно так же — легкомыслие и серьезность, мудрость и простота и многое подобное, если внимательно рассмотреть”.

Высказанные здесь мысли несколько напоминают текст Платона, цитировавшийся в методологическом прерывании 2.3: “...Как человек, умеющий хорошо взвешивать, сложи приятное и сложи тягостное, как ближайшее, так и отдаленное, и, положив на весы, скажи, чего больше?..”

Но у Платона весы, очевидно, были просто метафорой; Николай же пишет совершенно серьезно, соединяя в одной фразе привязанность и вражду не только людей, но и животных и к тому же привлекая еще какие-то пифагорейские соображения о гармонических созвучиях и диссонансах (заметим опять обращение к *музыке!*).

Особый интерес представляет мысль о возможности взвесить “легкомыслие и серьезность, мудрость и простоту” — ведь о *психологических измерениях* люди стали по-настоящему задумываться только в XIX веке!

Таким образом, в трудах Николая Кузанского фактически было восстановлено и развито на новой основе античное представление об *измерении как универсальном орудии познания*. Отметим в его тексте и сохранившуюся с древних времен метафору: весы есть мерило справедливости.

И наконец, в этом же трактате читаем:

“...Приближенные соотношения между кругом и квадратом и всё другое, относящееся к разной емкости фигур, можно удобнее измерить весом, чем другими способами...” [36, с. 460].

Здесь Николай возвращается к приписываемой еще Демокриту идее нахождения математических соотношений путем физического эксперимента. Правоверные математики, конечно, не принимали подобные методы всерьез, хотя даже Г. Галилей пытался путем взвешивания найти отношение площади под циклоидой

к площади круга и только сокрушался из-за разброса получаемых результатов [42, с. 225].

Можно ли считать это прямым *возрождением* античных идей? Думается, что мысль Николая Кузанского не обращена в прошлое, а адресована будущему и предвосхищает методологию творцов научной революции XVII века.

Сейчас часто говорят, что со времени Ньютона мир представляется *машиной* (и даже “бездушной машиной”). По-видимому, у самого Ньютона выражение “машина мира” не встречается. Но зато мы видим его у Николая Кузанского. Во второй книге труда “Об ученом незнании” Николай пишет:

“...Невозможно... чтобы у мировой машины эти чувственные земля, воздух, огонь или что бы то ни было еще были фиксированным и неподвижным центром” [40, с. 131].

Чтобы не было сомнений, переводчик этого текста даже вставил в скобках выражение из оригинала *machina mundana*. Несколько дальше в том же труде Николай Кузанский говорит о Боге:

“И он сам пожелал, чтобы изумительная машина мира приводила нас в удивление, но скрывает ее от нас тем больше, чем больше мы изумляемся...” [Там же, с. 142].

Правда, оказывается, что и Николай не был первым: «Так же как и Сакробоско, Гроссетест называл мир “машиной”. Его “машина мира” состояла из обычного набора концентрических колец, вращающихся вокруг стационарной Земли» [13, с. 110].

О Гроссетесте, или Гроссетете (1175–1253), было рассказано выше, в разд. 3.6, а вот имя Сакробоско выше не встречалось. Иоанн Сакробоско — это латинизированное имя Джона Холивуда, написавшего между 1244 и 1256 годами трактат “О сфере”, который широко использовался в университетских курсах по астрономии даже в конце XVI века. “Холивуд” — по-английски “священный лес”; так же переводится “Сакробоско”.

Что касается выражения Кузанца “И он сам пожелал, чтобы изумительная машина мира приводила нас в удивление”, то оно явно перекликается со словами Ньютона, помещенными им в конце “Математических начал натуральной философии”:

“Такое изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа”.

Теперь, пожалуй, о творчестве Николая Кузанского сказано достаточно. Осталось оценить влияние его идей на последующее развитие науки. Но в этом вопросе мнения историков расходятся. Я. Г. Дорфман пишет: "...Вклад Николая Кузанского в области физической теории незначителен" [17, с. 119], а далее, говоря об экспериментах Леонардо да Винчи, *предполагает*: "...Его [Леонардо] яркие, доступные пониманию демонстративные эксперименты могли оказать значительно большее влияние на физиков и инженеров того времени, нежели рассуждения об экспериментах Николая Кузанского" [Там же, с. 122].

Есть ли в этом хотя бы доля истины? Ведь, во-первых, Николай Кузанский работал *за полстолетия* до Леонардо да Винчи (и мог повлиять уже на него), в то время как, например, знаменитый Фрэнсис Бэкон философствовал о методологии эксперимента уже *после* ряда замечательных экспериментов Галилео Галилея.

Во-вторых, влияние Леонардо да Винчи на представителей последующих поколений не очевидно и до сих пор является предметом дискуссий, зато известен факт непосредственного влияния "рассуждений" Николая Кузанского по крайней мере на одного выдающегося деятеля эпохи начала научной революции.

Это был итальянский врач по имени Санторио Санторио (1561–1636). Он на протяжении *30 лет* пытался в опытах на самом себе (рис. 3.6) выяснить влияние пищи, питья, режима дня и т. д. на изменение веса тела. Санторио в свою очередь имел многочисленных последователей [43].



Рис. 3.6. Санторио Санторио
на весах

Нужно еще сказать, что Николай не только рассуждал, но в какой-то степени занимался и практической деятельностью, в частности картографией [44, с. 182].

Перейдем теперь от Николая Кузанского (о котором было много сказано, поскольку нужно было выявить в его трудах проблемы теории познания) к другим деятелям XV столетия.

Леон Баттиста Альберти, родившийся всего через три года после Кузанца, известен главным образом как архитектор и теоретик искусства (он, в частности, занимался теорией перспективы). Но Альберти был в полном смысле слова человеком Возрождения, наделенным целым созвездием талантов.

В частности, “он делает ценные наблюдения над влажностью воздуха, откуда рождается идея гигрометра; задумывается над созданием геодезического инструмента для измерения высоты зданий и глубины рек и для облегчения планировки городов, проектирует подъемные механизмы для извлечения со дна озера Неми затонувших римских кораблей” [45, с. 4].

Вряд ли автор последней цитаты стремился особо выделить замыслы Альберти *в информационной сфере*; тем не менее из трех перечисленных им идей две оказались информационными.

О гигрометре Альберти уже говорилось выше как о возможной реализации предложения Николая Кузанского. Отметим эту разработку Альберти (если она действительно была основана на взвешивании) как ранний пример использования принципа, получившего в XX веке имя *измерительного преобразования*.

О геодезических инструментах Альберти более подробных сведений найти не удалось.

Историки криптографии единодушно говорят о приоритете Альберти в создании *шифров многоалфавитной замены*, т. е. таких, в которых буква исходного текста может перейти в различные буквы шифрованного текста. Так, Ф. Бауэр и Г. Гооз пишут:

“Отцом криптографии считается великий архитектор Леон Баттиста Альберти (1404–1472), который ввел многоалфавитные подстановки, а также шифрующие коды. Его книга, написанная в 1466 или 1467 г. [видимо, имеется в виду сочинение Альберти *De componendis cifris*], является первым содержательным трудом по криптографии. Чико Симонетта, секретарь одного из герцогов

династии Сфорца, в 1474 г. учил, как можно расшифровывать простые шифры, основанные на подстановках, что было описано также арабом аль-Кашанди около 1400 г.” [46, с. 445].

Вообще в XV веке, как это видно из только что приведенной цитаты, криптографическая тематика стала весьма актуальной в связи с развитием дипломатии (между прочим, последнюю тоже можно отнести к широко понимаемой информационной сфере!).

Как пишет математик В. И. Нечаев, “в арабской энциклопедии XV века был даже целый раздел о шифрах” [47, с. 12] — правда, неясно, какое отношение к этой энциклопедии имел упомянутый выше араб Аль-Кашанди. Но из различных европейских авторов того времени, занимавшихся криптографией, Л. Б. Альберти явно выделяется.

Для иллюстрации *инженерного стиля* Альберти приведем небольшую принадлежащую ему цитату, хотя она и не относится к информационной сфере:

“Если колесо вращается на толстой оси, то будет катиться труднее, если на тонкой — ось не выдержит тяжестей. Если наружный охват колеса небольшой... то оно застревает в земле, если широкий — шатается из стороны в сторону, а если нужно повернуть вправо или влево — повинуется с трудом. Если втулка слишком свободна, то, когда колесо катится, она соскакивает, а если она слишком плотна, делается неподатлива” [45, с. 13].

Здесь замечательно то, что Альберти для каждого из параметров рассматриваемого им технического устройства (вероятно, обычной тачки) указывает критерии выбора в виде *качественных ограничений, различных с обеих сторон рационального диапазона*.

Это — обычная ситуация в технике. Выбирая параметры какого-либо устройства, инженер сталкивается с тем, что выбираемый параметр не может быть слишком малым по одной причине и не может быть слишком большим по совершенно другой.

В качестве простейшего примера приведем выбор сопротивления шунта для измерения тока. Если сопротивление будет слишком малым, то соответственно малое падение напряжения на шунте будет трудно измерить если взять его слишком большим, шунт будет сильно влиять на цепь, в которую он включен, а также, возможно, станет излишне нагреваться.

Отсюда следуют выводы: во-первых, если устройство проектируется путем моделирования, могут оказаться необходимыми две различные модели для изучения соответственно двух различных причин ограничений; во-вторых, может оказаться необходимым каким-то образом учесть два различных (в частности, и по физической размерности) фактора в целевой функции для поиска наилучшего варианта устройства.

Во всяком случае будущий инженер во время обучения должен твердо усвоить мысль о необходимости поиска *разнокачественных причин*, обуславливающих ограничения при проектировании. И приведенная выше цитата из Л. Б. Альберти может послужить здесь прекрасной иллюстрацией.

Иоанн Мюллер (1436–1476), чаще упоминаемый под именем **Региомонтан**, родился в городке Кёнигсберге в герцогстве Кобургском [48, с. 87]. Название “Кёнигсберг” переводится с немецкого как “Королевская Гора”; такой же смысл имеют слова *Monte Regio*. Поэтому имя *Региомонтан* можно перевести как *уроженец Королевской Горы*.

Региомонтан учился в Лейпциге, а затем в Вене, где он стал учеником выдающегося астронома Георгия Пурбаха (1423–1461). Некоторое время он жил в различных городах Италии, где занимался астрономическими наблюдениями, затем снова оказался в Вене.

Оттуда Региомонтан по приглашению венгерского короля Матвея Корвина поехал в Венгрию, а последующие несколько лет провел в Нюрнберге, где для него была построена прекрасно оборудованная астрономическая обсерватория. Умер Региомонтан в Риме.

При такой беспокойной жизни Региомонтан внес заметный вклад в несколько различных областей науки. Он закончил начатый его учителем Пурбахом перевод на латынь (с греческой копии) астрономического труда Птолемея, известного под арабским названием *Алмагест*, для чего в совершенстве изучил греческий язык, выполнил также ряд других переводов. В Нюрнберге у него была приборная мастерская и типография, и в обоих этих заведениях он сделал ряд изобретений и усовершенствований.

В области математики важнейшей его работой считается написанное в 1464 году, но напечатанное только в 1533 году сочинение

De triangulis omnimodis libri quinque (“О треугольниках всех родов пять книг”), в котором, как пишет В. П. Шереметевский, “первые тригонометрия трактуется как самостоятельный предмет, независимый от астрономии” [48, с. 87]. Он первым в Европе составил таблицу тангенсов, причем заменил шестидесятиричную систему десятичной.

Я. Г. Дорфман в своей книге по истории физики мимоходом заметил, что Региомонтан обсуждал теорию радуги Теодорика из Фрейбурга [17, с. 110]. Значит, его интересовали не только астрономия и математика, но и физические проблемы.

Следующим в хронологическом порядке дат рождения упомянем математика *Луку Пачоли*. Д. Я. Стройк называет его францисканским монахом и указывает годы его жизни: 1450–1520; в книге В. П. Зубова о Леонардо да Винчи [49, с. 25] сказано, что он называл сам себя Лука ди Борго Сан Сеполькро, и приведены другие даты: около 1445 – около 1514.

У других авторов можно встретить даты жизни Пачоли, не совпадающие ни с датами Стройка, ни с датами Зубова.

В 1494 году в Венеции была издана книга Пачоли “Сумма об арифметике, геометрии, пропорциях и пропорциональностях”. По этому поводу Стройк пишет: “...отныне пользование индийско-арабскими цифрами стало общепринятым”. Пачоли называют также отцом бухгалтерии: он впервые сформулировал принцип двойной записи в бухгалтерии.

В 1496 году Лука Пачоли, находясь в Милане, закончил книгу “О божественной пропорции” (она была напечатана в Венеции в 1509 г.). Здесь он сблизился с Леонардо да Винчи, и последний выполнил иллюстрации к его книге. Зубов приводит свидетельство самого Пачоли об этих иллюстрациях:

“...Таковые были сделаны достойнейшим живописцем, перспективистом, архитектором, музыкантом и всеми совершенствами одаренным Леонардо да Винчи, флорентийцем, в городе Милане, когда мы находились на иждивении сиятельнейшего герцога миланского Лодовико Мариа Сфорца Англо, в годы от нашего спасения 1496–1499, откуда затем вместе для разных надобностей мы отбыли, и во Флоренции также вместе имели жилище...”

“Божественная пропорция” Луки Пачоли — целое так относится к своей большей части, как эта последняя к меньшей — более известна под названием *золотого сечения*.

Решение уравнения “божественной пропорции”

$$a/x = x/(a - x)$$

имеет вид

$$x = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4a^2}}{2} = \frac{a(\sqrt{5} - 1)}{2}.$$

Интересно, что к отношению $a/x \approx 1,618$ приближается отношение двух последовательных членов ряда Фибоначчи при увеличении их номеров в последовательности $13/8 = 1,625$; $21/13 \approx 1,615$; $34/21 \approx 1,619$ и т. д. Напомним, что каждый член ряда Фибоначчи после двух первых единиц получается суммированием двух предыдущих членов.

Золотое сечение в эпоху Возрождения привлекало внимание художников и архитекторов; они искали его, в частности, в пропорциях человеческого тела. Но и сейчас оно вызывает некоторый интерес. Так, в 1960-х годах А. П. Стахов, занимаясь теорией аналого-цифровых преобразователей с исправлением сбоев, возможных в ходе преобразования, пришел к кодам, основанным на ряде Фибоначчи, одно из названий которых звучало как *коды золотой пропорции*.

Золотое сечение находит применение также в теории правильных многогранников, и естественно, что этой теории была посвящена часть упомянутой выше книги Пачоли.

Интересно, что в этой же книге Пачоли, по словам Зубова, “оспаривал традиционное деление квадривия: арифметика, геометрия, астрономия, музыка. По мнению Пачоли, либо надо исключить музыку, как подчиненную первым трем, либо с тем же правом следует присоединить к музыке перспективу” [49, с. 164]. Аргументация основывалась на том, что музыка удовлетворяет слух, а перспектива — зрение, “более достойное” чувство.

Нужно отметить, во-первых, обостренный интерес деятелей того времени к иерархической классификации наук, о которой в работе [49] много раз заходит речь, и во-вторых, изменившийся

взгляд на музыку: теперь в ней видят не столько своеобразную область математики, сколько средство услаждения слуха.

Дружба Л. Пачоли с Леонардо да Винчи, как утверждает В. П. Зубов, отразилась также в неизданном сочинении Пачоли *De viribus quantitatis* (“О силах количества”) [49, с. 25] — название весьма интригующее. К сожалению, о содержании этого сочинения не нашлось доступных сведений.

Зубов приводит памятные записи Леонардо да Винчи, относящиеся к Пачоли: “Научись умножению корней у маэстро Луки”, «Попроси брата из Борго показать тебе [имеется в виду сам Леонардо!] книгу “О весах”». Из этих записей видно, что “маэстро Лука” был сведущ не только в математике, но и в физике.

Приступая теперь к рассказу о творчестве *Леонардо да Винчи*, нужно начать с того, что Леонардо (рис. 3.7) — это настолько грандиозная и многосторонняя фигура, что для получения



Рис. 3.7. Автопортрет
Леонардо да Винчи

более полного представления о нем необходимо обращаться к специальной литературе, хотя бы к уже цитированной книге [49], на материале которой в основном будет базироваться дальнейшее изложение. Вместе с тем Леонардо, в отличие, например, от Николая Кузанского, не оставил подробного изложения своих взглядов в печатных изданиях.

Как заметил Зубов, «наследие Леонардо “рукописно” в самом своем существе» [Там же, с. 94], это наброски (зачастую противоречивые), заметки, памятные записи, названия большого числа задуманных, но не написанных книг и т. д. Поэтому, говоря о Леонардо да Винчи, многое приходится домысливать.

Итак, Леонардо да Винчи родился 15 апреля 1452 года в селении Анкиано около городка Винчи, расположенного между Флоренцией и Пизой. Интересен комментарий В. П. Зубова к документу, гласившему, что это произошло “в субботу, в третьем часу ночи”.

Вот дословно этот комментарий: “Так как счет ночных часов велся от захода солнца, то время рождения приходится примерно на 22 часа 30 минут”.

Здесь важным представляется не точное установление времени рождения Леонардо, а упоминание того факта, что *в середине XV века еще были в употреблении “ночные часы”*, отсчитываемые по другим правилам, чем “дневные”.

В 1466 году Леонардо да Винчи был отдан в обучение к флорентийскому живописцу и скульптору Андреа Вероккьо (1436–1488), в мастерской которого изучалась актуальная в то время теория перспективы и совершенствовалась техника живописи масляными красками.

Здесь В. П. Зубов отметил, что техника масляной живописи была ввезена во Флоренцию незадолго до этого — в 1449 году — нидерландцем ван дер Вейденом. Очень многое было в новинку людям XV века!

В 1472 году Леонардо да Винчи, закончив обучение у Андреа Вероккьо, был записан в цех флорентийских художников, а около 1482 года он обратился с письмом к Лодовико Сфорца, прозванному Моро (т. е. Мавр), фактическому правителю Милана, предложив ему свои услуги, главным образом в качестве военного инженера. Среди военных изобретений, которые были перечислены в этом письме, упомянем “крытые повозки, безопасные и неприступные, для которых, когда врежутся со своей артиллерией в ряды неприятеля, нет такого множества войска, которого они не сломили бы” [49, с. 17]. Это описание напоминает современный БТР или даже танк.

Только в последнем пункте письма Леонардо характеризовал себя как архитектора, гидротехника и художника, но зато в каких выражениях:

“Во времена мира считаю себя способным никому не уступить как зодчий в проектировании зданий, общественных и частных,

и в проведении воды из одного места в другое. Также буду я исполнять скульптуры из мрамора, бронзы и глины. Сходно и в живописи — всё, что только можно, чтобы поравняться со всяким другим, кто б он ни был” [49, с. 17–18].

Пожалуй, это письмо характерно для Леонардо да Винчи: он неоднократно в своей жизни целенаправленно искал “заказчиков”, которые могли бы финансировать его многочисленные замыслы.

Первый миланский период жизни Леонардо продолжался с 1483 по 1499 год. Как пишет В. П. Зубов, “Леонардо был зачислен в состав коллегии инженеров герцога (*ingenarii ducales*)”.

Отметим важный для нас факт: в это время слово *инженер* уже понимается как официальная должность! В. П. Зубов сообщает еще один факт того же рода: в 1472 году на латинском языке, а в 1483 году в итальянском переводе был издан трактат Р. Вальгурио “О военном деле” — первый технический трактат, изданный типографски. Впоследствии он многократно переиздавался.

В Милане Леонардо да Винчи, как уже было сказано, сблизился с Лукой Пачоли, а также с некоторыми другими замечательными деятелями — от философов до мастеров-практиков. Уже в это время он стал интересоваться механикой человеческих движений, а также полетом птиц — вопросом, который занимал его в течение всей жизни.

После того как осенью 1499 года Милан был взят французами войсками, Леонардо (вместе с Пачоли) покинул его. С апреля 1500 года он снова находится во Флоренции и живет там до середины 1506 года с небольшим перерывом, продолжавшимся с лета 1502 до марта 1503 года, когда Леонардо да Винчи в качестве военного инженера находился на службе у Чезаре Борджа (сына папы Александра VI).

Во Флоренции Леонардо выполняет ряд гидротехнических проектов, по-видимому не реализованных, но продуманных до мельчайших деталей, вплоть до расчетов заработной платы рабочих. Он возобновляет также углубленные анатомические исследования [Там же, с. 40].

К 1505 году относится так называемый кодекс о полете птиц [Там же, с. 43], в котором содержится указание на замысел Леонардо совершить полет с горы Монте Чечери (горы Лебеда).

Однако в последующие годы его записи, посвященные полету птиц, почти не касаются летательных аппаратов. Видимо, Леонардо осознал недостаточность имевшихся у него сведений о механике полета.

С лета 1506 до осени 1513 года Леонардо да Винчи живет главным образом в Милане, куда он прибыл по приглашению французского наместника Шарля д'Амбуаз. Здесь он задумывает еще несколько судоходных и ирригационных каналов, а в 1510—1512 годы особенно интенсивно занимается анатомией.

В конце декабря 1512 года французы были изгнаны из Милана. В сентябре следующего года Леонардо да Винчи покинул Милан и отправился в Рим, где незадолго до этого папой под именем Льва X стал Джованни Медичи, сын Лоренцо. Леонардо да Винчи пользовался покровительством брата папы, герцога Джулиано Медичи, однако это не спасло его от ряда неприятностей [49, с. 47—49]. В марте 1516 года Джулиано Медичи умер, и в этом же году Леонардо да Винчи по приглашению французского короля Франциска I переселился во Францию, где его приняли как прославленного художника.

Как говорил король, “никогда не поверит он, чтобы нашелся другой человек на свете, который знал столько же, сколько Леонардо, — не только в скульптуре, живописи и архитектуре, но и потому, что он был величайший философ” [Там же, с. 52].

В последние годы жизни Леонардо работал над проектом канала, который должен был соединить Луару и Сону. Умер он 2 мая 1519 года.

Здесь неуместно обсуждать художественное творчество Леонардо. Если попытаться несколькими словами выразить главную особенность его *научной и технической деятельности*, то бросается в глаза, прежде всего, постоянная и ненасытная жажда знаний. Он целенаправленно разыскивает нужные ему книги, причем особенно интересуется Витрувием, Архимедом и Вителло. Вот только три из многих его записей об этом:

“У мессера Винченцо Алипландо, проживающего близ больницы Корсо, есть Витрувий Джакомо Андреа”.

“Архимед у епископа падуанского”.

“Постарайся достать Витолонa, который находится в библиотеке в Павии и трактует о математике” [Там же, с. 60].

Но, пожалуй, чаще Леонардо да Винчи дает себе задания выяснить что-то у самых разных людей или разобраться самому. Выше уже были приведены две его записи, касающиеся Луки Пачоли. Вот еще несколько примеров:

“Спроси Бенедетто Портинари, каким образом бегают по льду во Фландрии”.

“Спроси жену Бьяджино Кривелли, как петух выводит и высиживает цыплят курицы, будучи опьянен” [49, с. 61].

“Если трубочист весит 200 фунтов, какую силу он производит ногами и спиной о стенки трубы?” [Там же, с. 86].

“Изобрази движение языка дятла” [Там же, с. 87].

Надежным источником знания были для Леонардо да Винчи *наблюдения и эксперименты*. Из предыдущего уже можно заключить, сколько времени он посвятил наблюдениям движений птиц при взлете, полете и посадке. Он пытался делать и такие наблюдения, которые с полной достоверностью стали возможны только в наше время, после изобретения скоростной киносъемки, — например, наблюдения движений крыльев стрекозы. В течение многих лет он наблюдал строение различных органов человеческого тела. Многие его записи содержат наблюдения, касающиеся поведения движущейся воды:

“Изобрази здесь все волны вместе и каждое движение в отдельности, и каждый водоворот в отдельности...” [Там же, с. 101].

Он, по утверждению В. П. Зубова, интересовался геологической историей Земли, и в частности теорией Жана Буридана и его последователя Альберта Саксонского о медленном подъеме суши. В Западной Европе Леонардо стал первым подниматься в горы в целях научных наблюдений [Там же, с. 303]. Я. Г. Дорфман приводит следующее высказывание о нем Сергея Ивановича Вавилова: “Он был изумительным наблюдателем по точности, вниманию и умению заметить существенное, мастером количественного эксперимента, но лишен дара абстракции, необходимой теоретик” [17, с. 124].

Вряд ли можно требовать еще и “дара абстракции” от художника, воспринимавшего мир во всем его качественном разнообразии!

Здесь мы переходим к *экспериментам* Леонардо да Винчи, и нужно сразу возразить маститому В. П. Зубову, который следующим образом объяснил экспериментальную деятельность Леонардо:

“Несоответствие между простотой математического аппарата и сложностью задач, которые Леонардо пытался решить в физике и технике и среди которых проблема движения занимала первое место, сделало естественным стремление заменять в ряде случаев математический вывод непосредственной *опытной* констатацией искомых количественных отношений между явлениями, т. е. заменять вычисление *измерением*.”

Не случайным является значительное число измерительных приборов в заметках Леонардо, как им самим изобретенных, так и известных уже раньше. Таковы прибор для измерения скорости ветра, приборы для измерения пути (со ссылками на Витрувия и Леона-Баттисту Альберти) или гигрометр, известный уже ранее Николаю Кузанскому и тому же Альберти” [49, с. 225].

Действительно, Леонардо да Винчи пользовался несложным математическим аппаратом. Как и Аристотель за много веков до него, он старался сводить различные зависимости к простым пропорциональностям:

“Пропорция обретается не только в числах и мерах, но также в звуках, тяжестях, временах и положениях и в любой силе, какая бы она ни была” [Там же, с. 220].

Верно и то, что порой он совершал при таком подходе грубые ошибки. Так, освещенность у него убывала как первая (а не вторая) степень расстояния от источника света до освещаемой поверхности, а при косом освещении он считал, что “соотношение освещения будет то же, что и соотношение углов” (а не косинусов этих углов). Но из всего этого не следует, что у него была возможность найти вычислением то, что он находил измерением. В той же цитате из книги Зубова мы видим приборы для измерения скорости ветра и влажности воздуха — разве можно было вычислить эти величины? Леонардо ставил эксперименты именно в тех областях, в которых *невозможно* было начать с вычислений, а, напротив, необходимо было сначала получить большое количество исходных для вычислений экспериментальных данных.

Нужно сказать, что ошибка В. П. Зубова очень характерна для историков науки, обращающих большее внимание на математические проблемы, чем на трудности получения исходной информации и — зачастую еще более серьезные — трудности самого формирования “языка измеримых величин”. Мы привыкли к этому языку как к воздуху, которым дышим, и редко задумываемся о том, как мучительно долго он создавался. Во времена Леонардо да Винчи (как видно по его текстам) этот язык был еще мало развит.

Какие же измерительные эксперименты ставил Леонардо?

По мнению выдающегося оптика С. И. Вавилова, “Леонардо — бесспорный зачинатель фотометрии как точной измерительной науки” (обратим внимание на прекрасный термин “измерительная наука”!); по-видимому, он первым предложил сравнивать силы света источников по создаваемым ими освещенностям, выравнивая их путем изменения расстояний от источников.

В историю баллистики [50] вошли опыты Леонардо со струйками воды, имевшие целью определить форму траектории снаряда, попытки описать сопротивление воздуха брошенному телу, а также изобретение своего рода максимального динамометра для оценивания отдачи орудия.

Леонардо да Винчи писал:

“Между казенной частью пушки и свинцовой опорой помещают железное ядро, такое же, как и выбрасываемое вперед. В случае, если железное ядро оставляет наибольший отпечаток, он свидетельствует о том, что на него воздействует наибольшая сила” [50, с. 54].

По утверждению историка физики Марио Льюцци “Леонардо приходилось долго и много заниматься с весами, и эта практика привела его не только к открытию того, что воздух имеет вес... но и к открытию изменения атмосферного давления и к созданию разновидности рычажного барометра или, как полагают другие, гигрометра” [10, с. 51] (об этом уже говорилось выше). Вот его запись, касающаяся плотности воздуха (цитируем по книге [50]):

“Воздух без облаков и тумана — вначале плотный внизу, и с каждым градусом своей высоты пирамидально приобретает градус тонкости”.

С одной стороны, здесь видна еще средневековая измерительная идеология (градус высоты, градус тонкости, пирамидальная

зависимость), но, с другой стороны, ведь мысль об *экспериментальной* проверке изменения давления воздуха с высотой была высказана только в середине XVIII века, после изобретения ртутного барометра! Действительно, Леонардо как физик выглядит крайне противоречиво, он как бы находится на границе двух эпох.

Раз уж зашла речь о работе Леонардо с весами, нужно заметить, что Леонардо рассматривал их как реальный физический прибор и не ограничивался геометрической схематизацией по образцу Архимеда:

“Проверь на опыте и опиши природу осей весов, когда они толсты или тонки, находятся в середине, внизу или наверху или занимают промежуточное положение между указанными” [49, с. 219].

Среди других многочисленных опытов Леонардо упомянем исследование упругих соударений, испытания железных проволок на разрыв (!), изучение трения скольжения.

До нас дошла подробно описанная самим Леонардо методика исследования упругих соударений:

“Этот опыт ты произведешь при помощи маленького стеклянного шарика, ударяющегося о гладкую поверхность дикого камня; и возьми длинный стержень, размеченный различными цветами; и когда ты всё приготовил, заставь кого-нибудь держать стержень и наблюдай, стоя поодаль, отскоки, — до каких цветов на высоте стержня шарик, отскакивая, поднимается. И если будет столько же отметчиков, сколько отскоков, то каждый легче запомнит свой” [Там же, с. 146].

Так в XV веке была предложена идея *многоканального регистратора*. Заметим, что аналогичным образом — приставляя по наблюдателю к каждому из большого числа приборов — поступали даже во второй половине XX века! Хороший пример описан в статье [51] (перепечатка статьи, опубликованной в 1972 г.):

“...Котел опутан проводами и шлангами. Повсюду приборы. Каждые десять минут дежурный бьет по рельсу железной палкой. Бо-о-м! — и десятки наблюдателей подходят к приборам и записывают показания...”

Эксперимент по испытанию проволок Леонардо да Винчи описал так:

“Привесь железную проволоку длиной в 2 локтя или около того в прочно укрепленное место, затем привесь к ней ведро, или

корзину, или что-нибудь другое по твоему усмотрению, и в нее через маленькое отверстие в воронке насыпай мелкого песку; когда эта железная проволока не сможет больше выдержать и порвется, приладь клапан, который бы сразу закрыл воронку, так, чтобы песок больше не падал в корзину, которая упадет вниз... заметь, каков вес, который порвал эту проволоку; заметь, в каком месте эта проволока порвалась, и повтори много раз этот опыт, чтобы подтвердить, что она постоянно рвется в одном и том же месте” [17, с. 121].

Наверное, уже Галилею показалось бы странным то, что Леонардо да Винчи так подчеркивал важность места, в котором рвется проволока, и вместе с тем ничего не говорил о ее толщине.

Другая, легче объяснимая странность обнаруживается в опытах по изучению трения (рис. 3.8). Сам выбор этого предмета для исследования характеризует Леонардо да Винчи как инженера, прекрасно видящего актуальные проблемы для приложения своих сил. Однако вывод из опытов он сформулировал так:

“Каждым тяжелым телом побеждается сопротивление трения по весу, равное четвертой части этого веса”.

Таким образом, Леонардо считал коэффициент трения (конечно, самого этого термина у него не было) равным 0,25 для всех трущихся пар.

Очевидно, это есть пример *ошибочного заключения по индукции*. Видимо, в распоряжении экспериментатора не было достаточно-го разнообразия материалов для того, чтобы обнаружить различия в коэффициентах трения. Правда, даже Л. Эйлер, работавший

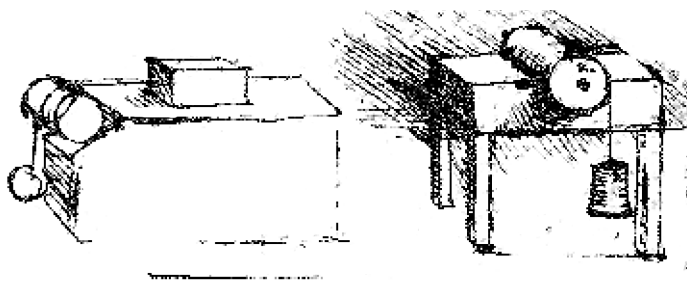


Рис. 3.8. Опыты Леонардо да Винчи по изучению трения

намного позже Леонардо да Винчи, считал коэффициент трения равным $1/3$ [15, с. 41].

Еще одна довольно обширная группа наблюдений и экспериментов Леонардо посвящена гидродинамике. Замечательны его рекомендации по изучению движения воды в каналах:

“Пусть одна стенка канала сделана из стекла, а остальные из дерева, и вода, которая ударяется, смешана с просом или бумажной массой, чтобы лучше видеть течение воды, благодаря их движениям” [49, с. 234].

Примерно такой же метод исследования водных потоков находит применение и в наши дни.

Наконец, интересна общая позиция Леонардо в отношении эксперимента. Его высказывание звучит так, как будто он сам полемизирует с В. П. Зубовым, утверждавшим, что Леонардо да Винчи подменял вычисления измерениями:

“Сначала я сделаю некий опыт, прежде чем пойду дальше, ибо мое намерение сначала произвести опыт, а затем посредством рассуждения доказать, почему данный опыт вынужден протекать именно так. И в этом истинное правило того, как должны поступать изыскатели естественных действий. И хотя природа начинается с причины и кончает опытом, мы должны идти обратным путем, начиная (как я выше сказал) с опыта, и с ним изыскивать причину” [Там же, с. 131–132].

Методологическое прерывание 3.8.

От опыта к причинам?

В только что приведенной цитате выделим и обсудим три аспекта.

Во-первых, рассмотрим методологический аспект. Сейчас укоренилось мнение, что никакой опыт не делается “вслепую”. Экспериментатор всегда располагает некоторыми априорными знаниями, без которых невозможно поставить осмысленный опыт.

Пожалуй, крайним выражением идеи о важности априорных знаний является известное заявление Галилея (сделанное от лица его “литературного двойника” Сальвиати): “Я и без опыта уверен, что результат будет такой, как я вам говорю, так как необходимо,

чтобы он последовал”. Это, конечно, преувеличение. Исследовательский опыт должен давать некоторое новое знание, выходящее за рамки априорного, хотя во многих случаях приращение знания оказывается не слишком большим.

Другое дело, если результат опыта оказался противоречащим априорным предположениям. Тогда приходится пересматривать ту или иную часть прежней системы знаний.

Между прочим, сам Леонардо да Винчи высказался против бездумной практики:

“Влюбленные в практику без науки — словно кормчий, ступающий на корабль без руля или компаса; он никогда не уверен, куда плывет” [49, с. 129].

Второй аспект, заслуживающий обсуждения, можно назвать инженерным. Он связан с последней фразой из высказывания Леонардо: *мысль исследователя должна идти обратным путем по отношению к действиям природы!* Иначе говоря, исследователь должен двигаться навстречу потоку экспериментальной информации (в какой-то степени искаженной), пытаясь разглядеть источник этой информации.

Более конкретно: исследователь должен располагать математическим аппаратом, позволяющим если не устранить, то по крайней мере уменьшить влияние искажений. Эту идею на современном математическом уровне развивает в настоящее время Геннадий Николаевич Солопченко, профессор кафедры измерительных информационных технологий СПбГПУ. Читатель может обратиться к ряду его работ по так называемым обратным задачам.

Третий аспект более глубок: в словах Леонардо об отыскании причины по опытным данным есть еще и философский смысл. В. П. Зубов выявляет его, обращаясь к словам соотечественника, современника и даже сверстника Леонардо да Винчи — пламенно-го проповедника Джироламо Савонаролы (1452—1498):

“Нам следует посредством видимых вещей восходить к невидимым, потому что всё наше познание начинается с ощущения, познающего лишь внешние акциденции тел, тогда как интеллект наш, благодаря свойственной ему проникательности, доходит до самого существа природных вещей и от рассмотрения их возносится к познанию вещей невидимых и нематериальных” [Там же, с. 128].

Положение о том, что “нет ничего в интеллекте, чего не было бы ранее в ощущениях” [49, с. 156], восходит к Аристотелю (у которого эта мысль выражена проще: “...не имеющий ощущений ничему не научиться и ничего не сообразит”). Леонардо да Винчи в другом месте почти дословно воспроизводит его: “Всё наше познание начинается с ощущений” [Там же, с. 127].

На первый взгляд кажется, что Джироламо Савонарола и Леонардо да Винчи говорят об одном и том же, но это не так. Важно не столько то, *с чего начинается* познание, сколько то, *на что оно в конечном счете направлено*. А здесь Савонарола и Леонардо резко различаются.

Савонарола призывает к “познанию вещей невидимых и нематериальных”. Леонардо ищет причины “естественных действий”. Он доказывает, например, что нематериальные духовные существа не могут производить звуков, так как для этого нужны материальные органы.

Исключительно четко позиция Леонардо выражена в таких словах:

“Душа хочет находиться со своим телом, потому что без органических орудий этого тела она ничего не может совершить и ощущать” [Там же, с. 159].

А уж “невидимые” вещи его, как художника, совсем не интересуют.

Возврат из прерывания 3.8.

Теперь нужно сказать несколько слов о *физическом моделировании*, которым Леонардо да Винчи, занимаясь вопросами строительства, не мог не интересоваться. В. П. Зубов отметил даже, что “моделирование было отличительной чертой научной деятельности Леонардо в разных областях” [49, с. 142].

Из различных аспектов моделирования выделим важный вопрос о различии между геометрическим подобием модели объекту и моделированием с учетом механических (или иных) критериев подобия. Этот вопрос рассмотрен Зубовым в [49, с. 143–146]; мы будем опираться на его текст.

Уже давно было замечено, что небольшие модели сооружений могут быть прочными, в то время как пропорционально

увеличенные строения разваливаются. Об этом писал римский зодчий Витрувий в своем труде по архитектуре.

Напротив, Л. Б. Альберти полагал, что “в теле Геркулеса не было иных пропорций, чем в членах гиганта Антея, ибо и у того и у другого сочетались одна и та же общая мера и порядок... Подобным же образом ты находишь и в треугольниках такую меру, благодаря которой малый подобен большому во всем, кроме величины” [49, с. 145].

Леонардо да Винчи на словах резко возразил Витрувию и этим обманул В. П. Зубова, которому показалось, что “Леонардо разделял точку зрения Альберти”. В действительности Леонардо, анализируя рассмотренный Витрувием пример с двумя буравами (может быть, правильнее — коловоротами?) разного диаметра, пришел к заключению, что сила, требуемая для сверления, пропорциональна не линейным размерам, а площади отверстия.

Таким образом, в данном случае механический критерий подобия оказывается более существенным, чем геометрический, на котором безосновательно настаивал Альберти. Эти идеи были впоследствии развиты Г. Галилеем, и на него совершенно правильно сослался В. П. Зубов в книге [49].

Вообще вопрос о том, какие критерии подобия должны учитываться при моделировании, очень непрост, и естественно, что во времена Леонардо он не мог быть даже поставлен в явном виде.

Кратко упомянем еще несколько идей различного рода, которые можно встретить в записях Леонардо.

Начнем с его отношения к *математике*. Вообще, как отметил Зубов [Там же, с. 217], в то время существовали различные точки зрения на математику. По мнению Луки Пачоли, высшее достоинство математики заключается в том, что она отвлекается от чувственной материи. Были и такие деятели, как Джованни Пиколелла Мирандола, который утверждал, что математика “не есть настоящее знание” и “не ведет к блаженству”.

На этом фоне справедливым и взвешенным выглядит высказывание Леонардо о том, что геометрия и арифметика “распространяются лишь на познание непрерывных и дискретных количеств и не беспокоятся о качестве, которое составляет красоту произведений природы и украшение мира” [Там же, с. 233]. При этом математика в понимании Леонардо да Винчи в какой-то

степени охватывала и физику: “Механика — рай математических наук, посредством нее достигают математического плода” [49, с. 212]. А среди тех книг, которые он намеревался написать, мы видим “Книгу о науке машин”.

Здесь уместно привести слова В. П. Зубова: “Не случайно Леонардо был изобретателем многочисленных приборов, предназначенных для решения математических задач: пропорциональный циркуль, прибор для решения так называемой Алхазеновой задачи (найти точку отражения на сферическом выпуклом зеркале по данным точкам глаза и предмета), прибор для вычерчивания параболы, прибор для построения параболических зеркал” [Там же, с. 218].

Один из упомянутых Зубовым приборов представлен на рис. 3.9.

Биология для Леонардо тоже была близка к механике. В. П. Зубов цитирует в связи с этим слова Поля Валери:

“Я не знаю, кто до него подумал о том, чтобы рассматривать живые существа глазами механика. Питание, толкание, дыхание — всё для него механическое явление. Он был больше анатомом и больше инженером, чем Декарт. Устремленность к образу автомата, познанию через конструкцию была в нем господствующей” [Там же, с. 228].

Говоря о работах Леонардо в области *анатомии* (а он занимался ею почти всю жизнь), нельзя не отметить тщательно продуманные им способы изображения различных органов. Для того чтобы показать строение человеческой ноги, он предлагает сделать 10 рисунков. На первом должны быть только кости, слегка вынутые из суставов; на следующих рисунках предлагается поочередно добавлять

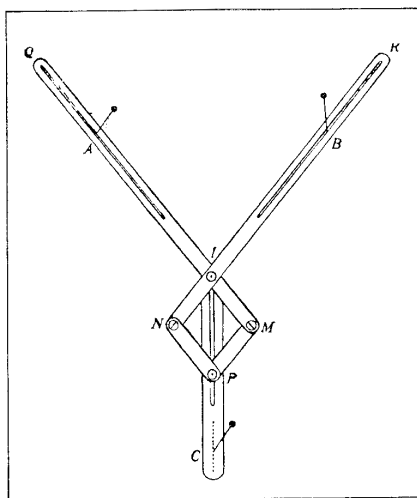


Рис. 3.9. Реконструированный прибор Леонардо да Винчи для решения задачи Алхазена [10]

мышцы, кровеносные сосуды и т. д., пока на десятом рисунке не появится “готовая нога со всеми ощущениями”.

С информационной точки зрения особенно интересны слова о четвертом рисунке: “...затем сделаешь четвертый — нервов, которые являются передатчиками ощущений”.

А вот как Леонардо предлагает изображать отдельные органы:

“Истинное познание формы какого-либо тела получится из рассмотрения его с разных точек зрения. И потому, чтобы дать понятие об истинной форме какого-либо члена человека, первого зверя среди животных, буду я соблюдать это правило, делая четыре изображения каждого члена с четырех сторон. И в случае костей буду я делать пять, распиливая их посередине и показывая полость каждой из них” [49, с. 80].

Наверное, не будет натяжкой предположение, что этот способ изображения в какой-то степени предвосхитил идеи начертательной геометрии.

В *строительных проектах* Леонардо да Винчи обращает на себя внимание конкретность и продуманность деталей. В. П. Зубов приводит его рисунок улиц в двух уровнях и пояснительный текст к нему, в котором предусмотрено даже то, что сейчас называют *ливневой канализацией*:

“Улицы *M* выше, чем улицы *ps*, на 6 локтей, и каждая улица должна быть шириной в 20 локтей, и иметь уклон в $\frac{1}{2}$ локтя от краев к середине, и на этой средней линии на каждом локте должно быть отверстие шириною в палец, через которое дождевая вода должна стекать в подземные пустоты, доходящие до того же уровня *ps*” [Там же, с. 66].

Наконец, отметим очень короткое высказывание Леонардо да Винчи, в котором содержится выраженная в очень четкой форме идея так называемого *экстремального принципа* (впервые намеченного еще Героном Александрийским):

“Всякое природное действие совершается кратчайшим путем” [Там же, с. 135].

Вопрос о *влиянии работ Леонардо на последующее развитие науки* является предметом дискуссий — об этом уже говорилось выше в связи с Николаем Кузанским. Хотя Я. Г. Дорфман и уверял, что “демонстративные эксперименты” Леонардо да Винчи могли повлиять на “физиков и инженеров того времени”, факты говорят

о другом. Например, фотометрию пришлось “переоткрывать” Пьеру Бугеру (1698–1758) и Иоганну Ламберту (1728–1777), а существование атмосферного давления было признано ученым миром только после работ Эванджелисты Торричелли (1608–1647).

Многократно упоминавшийся выше Марио Льюцци, не желая вступать в дискуссию, ограничился “объективной констатацией того, что многие идеи Леонардо можно найти в трудах трех крупных ученых XVI века” [10, с. 52] (имея в виду Тарталью, Кардано и Бенедетти). Но, вообще говоря, *наличие* идей не обязательно связано с их *заимствованием*.

Заключение к гл. 3

Вряд ли стоит лишний раз подчеркивать бросающееся в глаза громадное различие между слабыми ростками “каролингского возрождения”, с которого начиналась эта глава, и пышным расцветом настоящего Возрождения, на котором она закончилась. Заметим только, что изменение лица западноевропейской науки не было равномерным поступательным движением, а изобиловало зигзагами. И конечно, античная наука не “возродилась”: вместо нее возникла новая европейская наука.

Впрочем, лучше сказать, что новая наука, органически сочетающая эксперимент и математическую теорию, еще готовилась возникнуть. Научная революция будет подготовлена работами ученых следующего, XVI века, а в полный расцвет вступит в XVII веке.

Обратим внимание читателя на одно обстоятельство, кажущееся второстепенным. Вспомним о том, как крупный историк науки Аннелизе Майер упрекала ученых Мертонского колледжа в том, что они “считают до того, как могут измерить”, и напротив, не менее крупный историк В. П. Зубов обвинял Леонардо да Винчи в том, что он старался “заменять вычисление измерением”. Оба эти обвинения, по форме прямо противоположные, представляются ошибочными: первое потому, что полноценное измерение становится возможным тогда, когда установлено наличие определенных отношений между объектами предметной области; второе потому, что сложные вычисления нельзя выполнять, не имея обширного экспериментального материала, пусть даже полученного измерением “неизвестно чего” — вроде “густоты воздуха” у Леонардо.

Но дело даже не в конкретных ошибках историков, а в той поверхностности, с которой они подходят к вопросам *получения информации*. Вспомним слова А. А. Фридмана, которые были приведены в методологическом прерывании 3.5: “В вопросе измерения, столь простом по существу, замечается значительная недоговоренность во многих курсах механики и физики, ставших классическими”.

Эту “недоговоренность” можно уверенно объяснить тем, что “вопрос измерения” вовсе не так “прост по существу”, как это представлялось Фридману (тем более что и в его построениях можно найти существенные бреши). Очевидно, при исследовании дальнейшего развития информационной сферы человеческой деятельности вопросам получения информации нужно будет уделять особое внимание.

Библиографические ссылки

1. История Средних веков / под ред. Е. А. Косминского и С. Д. Сказкина. Т. I. М. : Госполитиздат, 1952.
2. Трахтенберг О. В. Очерки по истории западноевропейской средневековой философии. М. : Госполитиздат, 1957.
3. Попов П. С., Стяжкин Н. И. Развитие логических идей от античности до эпохи Возрождения. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974.
4. Койре А. От мира “приблизительности” к универсуму прецизионности // Койре А. Очерки истории философской мысли. М. : Прогресс, 1985. С. 109–127.
5. Гайденко В. П., Смирнов Г. А. Западноевропейская наука в средние века. М. : Наука, 1989.
6. Стройк Д. Я. Краткий очерк истории математики. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969.
7. Козлов Б. И. Возникновение и развитие технических наук. Л. : Наука, 1988.
8. Сидорова Н. А. Очерки по истории ранней городской культуры во Франции. М. : Изд-во АН СССР, 1953.
9. Матвиевская Г. П. Рамус (1515–1572). М. : Наука, 1981.
10. Льюис М. История физики. М. : Мир, 1970.
11. Боголюбов А. Н. Точные науки как предмет преподавания в университетах // Физика на рубеже XVII–XVIII вв. / отв. ред. А. Н. Боголюбов. М. : Наука, 1974. С. 75–119.
12. Абеляр П. История моих бедствий. М. : Изд-во АН СССР, 1950.

13. *Кимелев Ю. А., Полякова Н. Л.* Наука и религия: историко-культурный очерк. М. : Наука, 1988.
14. *Стяжкин Н. И.* Формирование математической логики. М. : Наука, 1967.
15. *Боголюбов А. Н.* История механики машин. Киев : Наукова думка, 1964.
16. *Пипуныров В. Н.* История часов с древнейших времен до наших дней. М. : Наука, 1982.
17. *Дорфман Я. Г.* Всемирная история физики (с древнейших времен до конца XVIII века). М. : Наука, 1974.
18. *Зубов В. П.* Развитие атомистических представлений до начала XIX века. М. : Наука, 1965.
19. Атеистический словарь / А. И. Абусамедов и др. ; под общ. ред. М. П. Новикова. М. : Политиздат, 1986.
20. *Шевкина Г. В.* Сигер Брабантский и парижские аверроисты XIII в. М. : Наука, 1972.
21. Цветочки Франциска Ассизского. СПб. : Изд. дом “Азбука-классика”, 2007.
22. *Кнорринг В. Г.* Об общих особенностях информационных процессов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2009. № 2 (78). С. 203–209.
23. *Кнорринг В. Г.* Принципы декомпозиции процесса измерения // Измерительная техника. 1989. № 7. С. 3–5.
24. *Самойлов В. О.* Иллюстрированный очерк истории физиологии. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ин-та истории РАН “Нестор-История”, 2005.
25. *Ленин В. И.* Материализм и эмпириокритицизм. Критические замечания об одной реакционной философии. М. : Политиздат, 1986.
26. *Ахутин А. В.* История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.). М. : Наука, 1976.
27. *Гуревич А. Я.* Средневековый мир: культура безмолвствующего большинства. М. : Искусство, 1990.
28. *Пьер де Марикур.* Послание о магните (1269) // Труды Института истории естествознания и техники. 1959. Т. 22. История физико-математических наук. С. 293–323.
29. *Шокарев Ю.* О стрельбе огнистой // Вокруг света. 1976. № 4. С. 58–63.
30. *Орем Н.* О конфигурации качеств / предисл., пер., примеч. В. П. Зубова. М. : Эдиториал УРСС, 2000 (ранее опубликована в издании: Историко-математические исследования. Вып. XI / под ред. Г. Ф. Рыбкина и А. П. Юшкевича. М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. С. 601–732).

31. *Фридман А. А.* Мир как пространство и время. 2-е изд. М. : Наука, 1965.
32. *Маликов М. Ф.* Основы метрологии. Ч. 1. Учение об измерении. Комитет по делам мер и измерительных приборов. М., 1949.
33. *Зоммерфельд А.* Понятие функции в физике // Зоммерфельд А. Пути познания в физике : сб. ст. М. : Наука, 1973. С. 124–126.
34. *Гомоюнов К. К.* Совершенствование преподавания общенаучных и технических дисциплин: Методологические аспекты анализа и построения учебных текстов. 2-е изд. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1993.
35. *Кара-Мурза С. Г.* Кого будем защищать. М. : Эксмо : Алгоритм, 2009.
36. *Николай Кузанский.* Сочинения в двух томах. Т. 1 / под ред. З. А. Тажурзиной. М. : Мысль, 1979.
37. *Campbell N. R.* Physics. The elements. Cambridge : University Press, 1920.
38. *Кнорринг В. Г., Марамзина М. Г.* Метрология, стандартизация, сертификация : учеб. пособие. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2006.
39. *Разумовский О. С.* Экстремальные закономерности: Категории наибольшего и наименьшего. Новосибирск : Наука, 1988.
40. *Николай Кузанский.* Сочинения в двух томах. Т. 2 / под ред. В. В. Соколова и З. А. Тажурзиной. М. : Мысль, 1980.
41. *Кнорринг В. Г.* Измерения в их историческом развитии. Ч. 5. Измерения в период подготовки научной революции // Датчики и системы. 2009. № 2. С. 55–62.
42. *Фрейман Л. С.* Ферма, Торричелли, Роберваль // У истоков классической науки / отв. ред. А. Н. Боголюбов. М. : Наука, 1968. С. 173–254.
43. *Зубов В. П.* Санторио Санторио (к 400-летию со дня рождения) // Вопросы истории естествознания и техники. 1962. Вып. 13. С. 154–157.
44. *Матвиевская Г. П.* Альбрехт Дюрер – ученый. 1471–1528. М. : Наука, 1987.
45. *Леон Баттиста Альберти.* М. : Наука, 1977.
46. *Бауэр Ф., Гооз Г.* Информатика: Вводный курс. М. : Мир, 1976.
47. *Нечаев В. И.* Элементы криптографии. Основы теории защиты информации. М. : Высш. шк., 1999.
48. *Шереметевский В. П.* Очерки по истории математики. 4-е изд. М. : Изд-во ЛКИ, 2010.
49. *Зубов В. П.* Леонардо да Винчи. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1962.
50. *Мандрыка А. П.* История баллистики (до середины XIX века). М. ; Л. : Наука, 1964.
51. *Жолондковский О.* Наладчики // Знание – сила. 1989. № 2. С. 58–60.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно периодизации М. Маклюэна, основанной на признаке коммуникационных технологий (сведения о ней сообщила автору С. Б. Ульянова), история информационной сферы разбивается на устно-акустический период, период фонетического письма, период книгопечатания и этап электронной цивилизации. В данном пособии были рассмотрены первые два периода и затронуты лишь первые десятилетия третьего — периода книгопечатания.

Тем не менее в ходе повествования о событиях, отделенных от современности многими веками, оказалось возможным обратиться (как в методологических прерываниях, так и в основном тексте) к ряду методологических вопросов разной степени значимости, большинство из которых актуально и в настоящее время, в эпоху электронной цивилизации.

Теперь уместно вернуться к этим вопросам, попытаться выделить некоторые из них, представляющиеся важными, в какой-то степени подытожить сказанное и в некоторых случаях указать на недосказанное.

Первое, что рассматривалось в первой главе (разд. 1.2), — это *моделирующая функция* языка. Язык есть не только средство коммуникации — он, как было отмечено ранее, представляет внешний мир и самого человека в его сознании в виде системы понятий. Это было сказано вскользь, однако впоследствии, в методологическом прерывании 2.16, пришлось вернуться к роли моделей в познании. Но там тоже было сказано недостаточно: ведь по современным представлениям *все наше знание есть система моделей*. Реализованные техническими средствами базы данных, по-видимому, представляют лишь малую долю этой системы как в отношении использованных структур моделей, так и в отношении охваченных предметных областей.

Любой исследователь должен осознавать, с какими моделями он имеет дело, по возможности явно указывать их структуры и обосновывать параметризацию.

Огромное множество концептуальных моделей (понятийных структур), используемых человечеством, представляет собой, если можно так сказать, субстанцию информационной сферы. Только отдельные фрагменты этого множества надлежащим образом

упорядочены. Об этом не только нет возможности подробно говорить здесь — нет и возможности сослаться на хорошие литературные источники. Для начала посоветуем читателю обратиться к монографии Я. Г. Неуймина (Модели в науке и технике: История, теория, практика. Л. : Наука, 1984). В приложении есть статья А. Розенблюта, Н. Винера “Роль моделей в науке”.

Далее, в методологическом прерывании 1.1 обсуждалась *уровневая структура* языка. Впоследствии и к этому вопросу пришлось вернуться. Было показано, что уровневая структура свойственна всевозможным познавательным (и вообще информационным) процессам, и предположено (в методологическом прерывании 3.2), что в человеческом организме существуют еще неизвестные нам уровни, промежуточные между физиологическими и психическими, которые следовало бы выявить. Попутно высказано предположение, что так называемая теория иероглифов при надлежащей интерпретации не ведет к агностицизму, поскольку “иероглифичность” передаваемой информации есть свойство преимущественно сигнального уровня, а на верхних уровнях она исчезает (см. методологическое прерывание 3.3).

Тот факт, что любую достаточно сложную информационную систему нельзя понять, изучая ее только на нижних (близких к физическому) уровнях, был представлен как важный аргумент *против идей редукционизма*.

Третий важный вопрос: опять-таки при рассмотрении естественного языка было уместно обратить внимание на его *нечеткость*, которая является скорее достоинством, чем недостатком (см. методологическое прерывание 1.2). Представляется, что эта нечеткость есть одно из проявлений упомянутого в методологическом прерывании 2.6 общего принципа, сформулированного Софьей Александровной Яновской и состоящего в том, что *идеальная точность есть сгрубление действительности*.

В ходе изложения неоднократно обращалось внимание на то, что стремление *точно* описать самые обычные процессы, происходящие в реальном мире, — такие как механическое движение — приводит к предположению о выполнимости операций, состоящих из бесконечного и даже несчетного числа шагов. К бесконечному числу шагов приводят и некоторые точные определения в логике и математике при их переформулировании в виде алгоритмов. Ав-

тор пособия не располагает рецептами борьбы с этими трудностями, но следует хотя бы обратить внимание на их наличие.

В связи с этим напомним еще одно положение, которое могло остаться незамеченным при чтении текста пособия: некоторые логические и лингвистические трудности оказываются неразрешимыми, если пытаться справиться с ними, находясь “внутри” логики или языка. В этих случаях полезен выход во внешний, реальный мир.

Четвертое, что хотелось бы отметить, — это встретившееся уже в разд. 1.3 требование *качественного разнообразия познаваемых объектов*. Сначала оно было введено почти незаметно при описании процесса выбора стандартного множества для счета: “...человек должен был научиться ставить элементы *разных совокупностей* во взаимно однозначное соответствие...”

Более явно это требование было сформулировано в разд. 1.4 при обсуждении операции сравнения ветра с шелестящими листьями. Для его подкрепления была приведена важная цитата из работы С. А. Яновской: “Для того, чтобы выделить в чистом виде отношение между вещами, нельзя просто отбросить эти вещи, а нужно сделать их переменными. Если бы мы не умели изменять мир, мы не могли бы познавать его”.

Правда, Софья Александровна не подчеркнула необходимость *качественных* изменений. Придется добавить поясняющий пример. Представим себе мир, в котором единственным материалом, с которым имеют дело разумные существа, является железо. В таком мире, как бы ни делать железо переменным, нельзя было бы прийти к различению таких понятий, как, например, масса и объем. А в реальной земной жизни до сих пор, вследствие практического *однообразия* ускорения силы тяжести, нередко смешиваются масса и вес, хотя еще И. Ньютон писал о том, что на других планетах отношение между ними было бы совсем другим, чем на Земле.

Идея разнообразия снова встретилась в разд. 2.4, где говорилось об античных философах, различными способами развивавших мысль о том, что бытие нужно рассматривать не как *единое*, а как *многое*. Это заставило вспомнить о концепции информации как *отраженного разнообразия*, разработанной А. Д. Урсулом.

И наконец, о разнообразии пришлось задуматься при обсуждении в разд. 3.8 высказывания Николая Кузанского: “...Все

исследователи судят о неизвестном путем соразмеряющего сравнения с чем-то уже знакомым... Соразмерность, означая вместе и сходство в чем-то общем и различие, не может быть понята помимо числа...”

Здесь опять-таки не подчеркнута качественная сторона различия, но ведь ясно, что путем сравнения только однородных вещей (даже различающихся размерами) нельзя прийти ни к чему, что было бы принципиально новым.

Требование качественного разнообразия познаваемых объектов в некоторой степени напоминает закон *необходимого разнообразия*, который У. Росс Эшби сформулировал для процессов управления: разнообразие управляющей системы должно быть больше, чем разнообразие управляемого объекта (*Эшби У. Р. Введение в кибернетику*. М. : Изд-во иностр. лит., 1959). Правда, “закон необходимого качественного разнообразия” в теории познания в том виде, в каком он обсуждался выше, не содержит количественных оценок. Возможно, к ним мог бы привести более обстоятельный анализ.

Пятое важное положение заключается в том, что следует *избегать односторонности* в научной деятельности. Наиболее ярким примером здесь является судьба учения Вильяма Оккама. Будучи прогрессивным в XIV веке, это учение при длительном одностороннем развитии завело философию в болото неопозитивизма.

Но односторонность может приносить вред и сама по себе, без последующего развития. Такие примеры тоже встречались в данной работе. Так, в методологическом прерывании 2.15 упоминались попытки аксиоматического подхода к измерению. Как следовало из материала этого прерывания, аксиоматизация уместна в случаях, когда интерес представляет *логическая структура* аксиоматизируемой теории, а не *отношение ее к реальному миру*. Но измерение физической величины, как и любой познавательный процесс, есть мост, соединяющий реальный мир с миром абстракций. Невозможно построить этот мост или даже просто пройти по нему, оставаясь на одном берегу — на берегу абстракций.

И если С. А. Яновская предположила, что даже “теория движения вообще не может быть конечно-аксиоматизируемой теорией и что аксиоматические способы построения теории здесь не

по существу” (см. методологическое прерывание 2.5), то тем более “не по существу” окажется односторонняя аксиоматика в теории познавательных процессов. Эта теория *обязана* изучать свой предмет с различных сторон.

Правда, можно указать серьезную работу, посвященную достоинствам аксиоматики в физике (а физика, конечно, включает в себя познавательные процессы). Это монография Марио Бунге “Философия физики” (М. : Прогресс, 1975). Очевидно, содержащиеся в ней идеи следовало бы подвергнуть обстоятельному анализу.

Другой пример односторонности — упомянутая в методологическом прерывании 2.5 попытка А. А. Зиновьева чисто логическим путем, с помощью операций с символами, вывести некоторые свойства реального мира (например, существование минимального интервала). Эта попытка не могла оказаться состоятельной. Во-первых, логические предикаты и другие символы сами по себе не имеют отношения к реальности; их нужно *интерпретировать*. Во-вторых, формулы двузначной ассерторической логики представляют собой точные утверждения, а в реальном мире имеют место неопределенности — выше уже говорилось о том, что (это положение не жаль повторить еще раз) *идеальная точность есть огрубление действительности*.

Самая общая рекомендация, вытекающая из сказанного, состоит в том, что исследователь должен постоянно следить за адекватностью используемого им аппарата поставленной задаче, а при необходимости и изменять постановку задачи.

Вероятно, в данной работе можно найти и другие полезные методологические рекомендации (например, представляется интересной возможность алгоритмических и аппаратно-технических интерпретаций логических положений, рассмотренная в методологических прерываниях 2.5 и 2.9). Но, по-видимому, наиболее важные из них были здесь отмечены.

Что касается исторической стороны данного учебного пособия, то было бы крайне желательно, чтобы читатели обнаружили в ней упущения в смысле незамеченных автором событий в отдельных частях информационной сферы. Сама по себе необходимость изучения исторического пути, пройденного наукой и другими компонентами информационной сферы, для формирования квалифицированного инженера или ученого не должна вызывать сомнений.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Библиографические ссылки	14
1. Зарождение информационной сферы	14
1.1. Этапы развития первобытного человека	14
1.2. Возникновение речи и языка	16
1.3. Возникновение счета	27
1.4. Возникновение измерения	33
1.5. Возникновение письма	43
1.6. Способы связи в донаучную эпоху	48
Заключение к гл. 1	49
Библиографические ссылки	50
2. От Древней Греции до раннесредневековой Европы	52
2.1. Общая характеристика эпохи и ее деятелей	52
2.2. Состояние информационной сферы	62
2.3. Развитие информационной сферы в период “ранней клас- сики”	85
2.4. Развитие информационной сферы в период расцвета Афин	122
2.5. Информационная проблематика у Аристотеля	146
2.6. Развитие информационной сферы в эллинистическом мире	172
2.7. На границе поздней античности и раннего средневековья	210
Заключение к гл. 2	217
Библиографические ссылки	220
3. Средневековье — от Алкуина до Леонардо да Винчи	224
3.1. Краткая характеристика эпохи	224
3.2. Первые шаги средневековой научной мысли	228
3.3. Научная мысль Западной Европы X—XII веков	230
3.4. Научная мысль арабоязычного мира X—XII веков	244
3.5. Тринадцатый век — золотой век схоластики	250
3.6. Математическая и естественнонаучная деятельность ученых конца XII — начала XIV веков	269
3.7. Научная мысль Западной Европы XIV века	278
3.8. Новые веяния в Западной Европе XV века	306
Заключение к гл. 3	341
Библиографические ссылки	342
Заключение	345

Методологические прерывания

1.1. Уровневая структура языка и структура языкового знака	19
1.2. Нечеткость естественного языка	23
1.3. Натуральные числа: пример определения через абстракцию	29
1.4. Как человек узнает значения слов?	32
1.5. Что же в действительности измеряется — величина или реальный объект?	35
2.1. Пример легенды, относящейся к информационной сфере . .	54
2.2. Что представляют собой обозначения величин в формулах? .	69
2.3. Распространение измерительных понятий на другие области	75
2.4. Движение в геометрии	86
2.5. Информационный аспект апории “Ахиллес и черепаха” . . .	106
2.6. Снова о движении (в связи с апорией “Стрела”)	110
2.7. Различие сущности и явления	114
2.8. Происхождение понятия “элемент”	118
2.9. Техническая интерпретация парадокса “Лжец”	130
2.10. Обращение к бесконечному при определении конечного . .	136
2.11. Судьба аксиомы Архимеда	138
2.12. Удвоение куба и квадратура круга	144
2.13. Единство времени	167
2.14. Время, память, часы	170
2.15. Аксиоматика до и после Евклида	177
2.16. Роль моделей в процессах получения информации	194
2.17. Отголоски реализма и номинализма в наши дни	213
3.1. Об экзистенциальной трактовке логической связки	238
3.2. Уровневая структура познавательного процесса	258
3.3. О теории иероглифов в анализе процесса восприятия	263
3.4. Оккам как предшественник философского позитивизма . . .	282
3.5. Об экстенсивных и интенсивных величинах	294
3.6. Книгопечатание и манипуляция сознанием	306
3.7. Измерение как образцовый познавательный процесс	315
3.8. От опыта к причинам?	335

Кнорринг Вадим Глебович

ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ
ИНФОРМАЦИОННАЯ СФЕРА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАЧАЛА XVI ВЕКА

Учебное пособие

Корректоры: *О. В. Махрова, М. Л. Водолазова, А. И. Rogozin*
Технический редактор *А. И. Колодяжная*
Компьютерная верстка *Г. В. Гордеевой*

Свод. темплан 2012 г.

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 78.01.07.953.П001342.01.07 от 24.01.2007 г.

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3005 — учебная литература

Подписано в печать 25.01.2013. Формат 60х84/16.
Усл. печ. л. 22,0. Тираж 100. Заказ 266.

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.
Издательство Политехнического университета,
член Издательско-полиграфической ассоциации университетов России.
Адрес университета и издательства:
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.